



Піддубна Л. М., Пелехатий М. С.,
Кучер Д. М., Кочук-Ященко О. А.,
Кобернюк В. В.

ГЕНЕТИКА ТВАРИН З БІОМЕТРІЄЮ

Навчальний посібник

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Піддубна Л. М., Пелехатий М. С.,
Кучер Д. М., Кочук-Ященко О. А., Кобернюк В. В.**

ГЕНЕТИКА ТВАРИН З БІОМЕТРІСІЮ

Навчальний посібник

Рекомендовано як навчальний посібник
для підготовки фахівців спеціальності
204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»
у закладах вищої освіти
Міністерства освіти і науки України

ЖИТОМИР – 2021

УДК 575:636

Г38

Рекомендовано до друку Вченою радою Поліського національного університету, протокол № ____ від «__» _____ 2021 року.

Рекомендовано як навчальний посібник для підготовки фахівців спеціальності 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» у закладах вищої освіти Міністерства освіти і науки України.

Авторський колектив:

Піддубна Л. М. – доктор с.-г. наук, доцент;

Пелехатий М. С. – доктор с.-г. наук, професор;

Кучер Д. М. – кандидат с.-г. наук, доцент;

Кочук-Ященко О. А. – кандидат с.-г. наук, доцент;

Кобернюк В. В. – кандидат с.-г. наук, доцент.

Рецензенти:

Савчук Іван Миколайович – доктор сільськогосподарських наук, професор, заступник з наукової роботи директора Інституту сільського господарства Полісся;

Хмельничий Леонтій Михайлович – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри розведення і селекції тварин та водних біоресурсів Сумського національного аграрного університету;

Лісогурська Діна Володимирівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технологій виробництва продукції тваринництва Поліського національного університету.

Г38 **Генетика тварин з біометрією: навчальний посібник для студентів спеціальності 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» / Л. М. Піддубна, М. С. Пелехатий, Д. М. Кучер, О. А. Кочук-Ященко., В. В. Кобернюк. Житомир: Полісся, 2021. 353 с.**

ISBN

У навчальному посібнику викладено історію розвитку та теоретичні положення генетики тварин: матеріальні основи спадковості, закономірності успадкування ознак при статевому розмноженні, форми взаємодії генів, основи мутагенезу, імуногенетики та генетики популяцій, біотехнологія у тваринництві, генетичні основи індивідуального розвитку та поведінки тварин, біометричні методи вивчення мінливості ознак. Посібник містить також методичні матеріали для лабораторних робіт, індивідуальні завдання для самостійних робіт, приклади розв'язання типових генетичних та біометричних задач, тестові завдання для перевірки рівня знань студентів за усіма розділами.

ISBN

© Поліський національний університет,
2021

ЗМІСТ

ВСТУП	20
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ГЕНЕТИКИ ТВАРИН	22
1.1. ПРЕДМЕТ, РОЗВИТОК І МЕТОДИ ГЕНЕТИКИ	22
1.1.1. ПРЕДМЕТ ГЕНЕТИКИ	22
1.1.2. ПЕРІОДИ СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ ГЕНЕТИКИ	23
1.1.3. МЕТОДИ ГЕНЕТИКИ	27
1.1.4. ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ГЕНЕТИКИ	28
1.2. ЦИТОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СПАДКОВOSTІ	29
1.2.1. КЛІТИНА – ФУНКЦІОНАЛЬНА ОДИНИЦЯ ОРГАНІЗМУ	29
1.2.2. ХРОМОСОМИ – НОСІЇ СПАДКОВOSTІ, ЇХ БУДОВА	32
1.2.3. СОМАТИЧНІ КЛІТИНИ. МІТОЗ	36
1.2.4. СТАТЕВІ КЛІТИНИ. МЕЙОЗ	37
1.2.5. ФОРМУВАННЯ ГАМЕТ. ЗАПЛІДНЕННЯ	38
1.3. МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВOSTІ ТА МЕХАНІЗМ УСПАДКУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ	41
1.3.1. СПАДКОВА ІНФОРМАЦІЯ, ЇЇ КОДУВАННЯ	41
1.3.2. МЕХАНІЗМ ПЕРЕДАЧІ СПАДКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА СИНТЕЗУ БІЛКА В КЛІТИНІ	42
1.3.3. ГЕН ТА РЕГУЛЯЦІЯ ЙОГО АКТИВНОСТІ	45
1.4. ЗАКОНОМІРНОСТІ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ СТАТЕВОМУ РОЗМНОЖЕННІ	49
1.4.1. ГІБРИДОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ, ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ	49
1.4.2. УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ МОНОГІБРИДНОМУ СХРЕЩУВАННІ	52
1.4.3. УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ ДИ- ТА ПОЛІГІБРИДНОМУ СХРЕЩУВАННІ. ТРЕТІЙ ЗАКОН МЕНДЕЛЯ	55
1.5. ТИПИ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК, ЗУМОВЛЕНІ ДІСІЮ ТА ВЗАЄМОДІСІЮ ГЕНІВ	57
1.5.1. ТИПИ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ АЛЕЛЬНИМИ ГЕНАМИ ОДНОГО ЛОКУСА	57
1.5.2. ТИПИ ВЗАЄМОДІЇ НЕАЛЕЛЬНИХ ГЕНІВ	61
1.6. ХРОМОСОМНА ТЕОРІЯ СПАДКОВOSTІ	68
1.6.1. ЗЧЕПЛЕННЯ ГЕНІВ В ХРОМОСОМІ	68

1.6.2. КРОСИНГОВЕР	69
1.6.3. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ ГЕНІВ	70
1.6.4. КАРТУВАННЯ ХРОМОСОМ	72
1.7. ГЕНЕТИКА СТАТІ	74
1.7.1. МЕХАНІЗМ ХРОМОСОМНОГО ВИЗНАЧЕННЯ СТАТІ	74
1.7.2. БАЛАНСОВА ТЕОРІЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТАТІ	75
1.7.3. БІСЕКСУАЛЬНІСТЬ ОРГАНІЗМІВ	76
1.7.4. ПАТОЛОГІЯ В КАРІОТИПІ ПО СТАТЕВИХ ХРОМОСОМАХ	77
1.7.5. УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК, ЗЧЕПЛЕНИХ ЗІ СТАТТЮ	78
1.7.6. РІДКІСНІ РІЗНОВИДИ СТАТЕВОГО РОЗМНОЖЕННЯ	81
1.8. МУТАГЕНЕЗ ТА МУТАЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ	82
1.8.1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ	82
1.8.2. МУТАЦІЇ, ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ	82
1.8.3. ГЕННІ (ТОЧКОВІ) МУТАЦІЇ	84
1.8.4. ГЕНОМНІ МУТАЦІЇ	85
1.8.5. ХРОМОСОМНІ АБЕРАЦІЇ	87
1.8.6. ВПЛИВ МУТАЦІЙ НА ЗДОРОВ'Я, ГОСПОДАРСЬКІ ТА ПЛЕМІННІ ЯКОСТІ ТВАРИН	89
1.9. ІМУНОГЕНЕТИКА І ГЕНЕТИЧНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ	90
1.9.1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ	90
1.9.2. ГРУПИ КРОВІ ТА ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ	90
1.9.3. ЗНАЧЕННЯ ГРУП КРОВІ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ	93
1.9.4. ПОЛІМОРФІЗМ СИСТЕМ БІЛКІВ І ФЕРМЕНТІВ	95
1.9.5. ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІМОРФНИХ СИСТЕМ БІЛКІВ У СЕЛЕКЦІЙНІЙ РОБОТІ	97
1.10. БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА ГЕНЕТИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ В ТВАРИННИЦТВІ	98
1.10.1. ТРАНСПЛАНТАЦІЯ ЕМБРІОНІВ	98
1.10.2. ОДЕРЖАННЯ МОНОЗИГОТНИХ БЛИЗНЮКІВ	100
1.10.3. ХИМЕРНІ ТВАРИНИ	101
1.10.4. КЛОНУВАННЯ ТВАРИН	102
1.10.5. ЗАПЛІДНЕННЯ ПОЗА ОРГАНІЗМОМ	103
1.10.6. ГЕНЕТИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ	103
1.11. ГЕНЕТИЧНІ ОСНОВИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО РОЗВИТКУ	105

1.11.1.	ЗАПЛІДНЕННЯ. РОЛЬ МАТЕРИНСЬКОЇ СПАДКОВОСТІ У ФОРМУВАННІ ЕМБРІОНІВ.	105
1.11.2.	МІКРОХІРУРГІЧНЕ РОЗДІЛЕННЯ ЕМБРІОНІВ	106
1.11.3.	ОСОБЛИВОСТІ ГЕННОЇ РЕГУЛЯЦІЇ БІОСИНТЕЗУ У ДОМАШНІХ ТВАРИН	106
1.11.4.	КРИТИЧНІ ПЕРІОДИ РОЗВИТКУ	107
1.11.5.	ВІКОВІ ЗМІНИ ОЗНАК. ПРОЦЕС СТАРІННЯ ОРГАНІЗМУ	108
1.11.6.	ВИКОРИСТАННЯ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ ДЛЯ НОРМАЛІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ	109
1.12.	ГЕНЕТИКА ПОВЕДІНКИ ТВАРИН	109
1.12.1.	ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ	109
1.12.2.	ВЧЕННЯ АКАДЕМІКА ПАВЛОВА І.П. ПРО ПОВЕДІНКУ ТВАРИН	111
1.12.3.	ГЕНЕТИЧНА ОБУМОВЛЕНІСТЬ ПОВЕДІНКИ	112
1.12.4.	СТРЕС, ЯК АДАПТИВНА РЕАКЦІЯ ТВАРИН НА НЕСПРИЯТЛИВІ ФАКТОРИ	112
1.12.5.	ЗНАЧЕННЯ ПОВЕДІНКОВИХ ОЗНАК В СЕЛЕКЦІЇ І ВИКОРИСТАННІ ТВАРИН	113
1.13.	БІОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ, ГЕНЕТИКА УСПАДКУВАННЯ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК	114
1.13.1.	БІОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ МІНЛИВОСТІ ОЗНАК	114
1.13.2.	ОСНОВНІ СТАТИСТИЧНІ ПОКАЗНИКИ	115
1.13.2.1.	СЕРЕДНІ ВЕЛИЧИНИ ВАРІЮЮЧИХ ОЗНАК	115
1.13.2.2.	ПОКАЗНИКИ МІНЛИВОСТІ АБО ВАРІЮВАННЯ ОЗНАК	116
1.13.2.3.	ПОМИЛКИ СТАТИСТИЧНИХ ВЕЛИЧИН	116
1.13.2.4.	ПОКАЗНИКИ ВІРОГІДНОСТІ СТАТИСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ	117
1.13.2.5.	ПОКАЗНИКИ ЗВ'ЗКУ МІЖ ОЗНАКАМИ	117
1.13.3.	МІНЛИВІСТЬ ОЗНАК – “МАТЕРІАЛ” ДЛЯ ЕФЕКТИВНОЇ СЕЛЕКЦІЇ	117
1.13.4.	УСПАДКОВУВАНІСТЬ ОЗНАК, МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ЗНАЧЕННЯ В СЕЛЕКЦІЇ ТВАРИН	119
1.13.5.	ОСОБЛИВОСТІ УСПАДКУВАННЯ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК	120

1.13.6. ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ТВАРИН ПОВТОРЮВАНOSTІ ОЗНАК	121
1.13.7. СЕЛЕКЦІЙНИЙ ЕФЕКТ ТА МЕТОДИ ЙОГО ВИЗНАЧЕННЯ	122
1.14. ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦІЙ – ОСНОВА СЕЛЕКЦІЇ ТВАРИН	123
1.14.1. ПОПУЛЯЦІЯ ТА ЇЇ ГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА	123
1.14.2. ОСОБЛИВІСТІ ПРИРОДНИХ І ШТУЧНИХ ПОПУЛЯЦІЙ	124
1.14.3. МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ПОПУЛЯЦІЙ	124
1.14.4. ГЕНЕТИЧНА РІВНОВАГА ПОПУЛЯЦІЇ ТА ФАКТОРИ, ЩО ЇЇ ПОРУШУЮТЬ	125
1.14.5. ВПЛИВ МЕТОДІВ РОЗМНОЖЕННЯ ТВАРИН НА ГЕНЕТИЧНУ СТРУКТУРУ ПОПУЛЯЦІЇ	126
1.14.6. ВПЛИВ ВІДБОРУ НА ГЕНЕТИЧНУ СТРУКТУРУ ПОПУЛЯЦІЇ	126
1.15. ГЕНЕТИКА РІЗНИХ ВИДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН	128
1.15.1. ВЕЛИКА РОГАТА ХУДОБА	128
1.15.1.1. ОСНОВНІ СЕЛЕКЦІЙНІ ОЗНАКИ	128
1.15.1.2. ХАРАКТЕРИСТИКА КАРІОТИПУ	129
1.15.1.3. ГРУПИ КРОВІ І ПОЛІМОРФІЗМ БІЛКІВ	129
1.15.1.4. СПАДКОВІ ХВОРОБИ Й АНОМАЛІЇ	129
1.15.1.5. ГЕНЕТИЧНІ ОСНОВИ ВІДТВОРНОЇ ФУНКЦІЇ	130
1.15.2. ВІВЦІ	130
1.15.2.1. ОСНОВНІ СЕЛЕКЦІЙНІ ОЗНАКИ	130
1.15.2.2. ХАРАКТЕРИСТИКА КАРІОТИПУ	131
1.15.2.3. ГРУПИ КРОВІ І ПОЛІМОРФІЗМ БІЛКІВ	131
1.15.2.4. СПАДКОВІ ХВОРОБИ Й АНОМАЛІЇ	132
1.15.3. ГЕНЕТИКА СВИНЕЙ	132
1.15.3.1. ОСНОВНІ СЕЛЕКЦІЙНІ ОЗНАКИ	132
1.15.3.2. ХАРАКТЕРИСТИКА КАРІОТИПУ	133
1.15.3.3. ГРУПИ КРОВІ І ПОЛІМОРФІЗМ БІЛКІВ	133
1.15.3.4. СПАДКОВІ ХВОРОБИ Й АНОМАЛІЇ	133
1.15.3.5. ГЕНЕТИЧНІ ОСНОВИ ВІДТВОРНОЇ ФУНКЦІЇ	134
1.15.4. ГЕНЕТИКА КОНЕЙ	134
1.15.4.1. ОСНОВНІ СЕЛЕКЦІЙНІ ОЗНАКИ	134
1.15.4.2. ХАРАКТЕРИСТИКА КАРІОТИПУ	134

1.15.4.3. ГРУПИ КРОВІ І ПОЛІМОРФІЗМ БІЛКІВ	135
1.15.4.4. СПАДКОВІ ХВОРОБИ Й АНОМАЛІЇ	135
1.15.5. ГЕНЕТИКА ПТИЦІ	135
1.15.5.1. ОСНОВНІ СЕЛЕКЦІЙНІ ОЗНАКИ	135
1.15.5.2. ХАРАКТЕРИСТИКА КАРІОТИПУ	135
1.15.5.3. ГРУПИ КРОВІ ТА ПОЛІМОРФІЗМ БІЛКІВ	136
1.15.5.4. СПАДКОВІ ХВОРОБИ Й АНОМАЛІЇ	136
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ	137
2.1. КЛІТИНА ЯК ГЕНЕТИЧНА СИСТЕМА, МІТОЗ, МЕЙОЗ ТА ГАМЕТОГЕНЕЗ	137
2.2. БУДОВА ХРОМОСОМ. КАРІОТИПИ	148
2.3. АНАЛІЗ ТАБЛИЦІ ГЕНЕТИЧНОГО КОДУ, ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БУДОВИ НУКЛЕІНОВИХ КИСЛОТ ТА БІОСИНТЕЗУ БІЛКА	157
2.4. МОДЕЛЮВАННЯ ГЕННИХ МУТАЦІЙ	166
2.5. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИ МОНОГІБРИДНОМУ СХРЕЩУВАННІ	167
2.6. СЕРІЇ МНОЖИННИХ АЛЕЛІВ	169
2.7. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИ ДИ- І ПОЛІГІБРИДНОМУ СХРЕЩУВАННІ	170
2.8. АНАЛІЗ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ РІЗНИХ ФОРМАХ ВЗАЄМОДІЇ ГЕНІВ	172
2.9. ЛЕТАЛЬНІ ГЕНИ ТА ЇХ ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ У ТВАРИННИЦТВІ	175
2.10. АНАЛІЗ ДАНИХ З КРОСИНГОВЕРУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ГЕНЕТИЧНИХ КАРТ ХРОМОСОМ	177
2.11. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗЧЕПЛЕНОГО ЗІ СТАТТЮ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК	181
2.12. СІМЕЙНО-ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗА ГРУПАМИ КРОВІ	183
2.13. ВИЗНАЧЕННЯ ГЕНЕТИЧНОЇ ПОДІБНОСТІ МІЖ ПОПУЛЯЦІЯМИ ЗА ГРУПАМИ КРОВІ	191
2.14. ТИПИ ВАРІАЦІЙНИХ РЯДІВ, ЇХ ГРАФІЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ В ГЕНЕТИЦІ ТА СЕЛЕКЦІЇ ТВАРИН	193
2.15. СЕРЕДНІ ВЕЛИЧИНИ: АЛГОРИТМИ РОЗРАХУНКІВ ТА ЗАСТОСУВАННЯ	199

2.16. ПОКАЗНИКИ РІЗНОМАНІТНОСТІ СЕЛЕКЦІЙНИХ ОЗНАК, МЕТОДИ ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ	203
2.17. ОЦІНКА ВІДНОСНОЇ МІНЛИВОСТІ (КОРЕЛЯЦІЯ, РЕГРЕСІЯ) ГОСПОДАРСЬКО-КОРИСНИХ ОЗНАК У РЕНДОМІЗОВАНИЙ ВИБІРЦІ З ПОПУЛЯЦІЇ С.-Г. ТВАРИН	206
2.18. РЕПРЕЗЕНТАТИВНІСТЬ ВИБІРКОВИХ ПОКАЗНИКІВ	213
2.19. ОЦІНКА ВПЛИВУ ОРГАНІЗОВАНИХ ФАКТОРІВ НА МІНЛИВІСТЬ ГОСПОДАРСЬКО-КОРИСНИХ ОЗНАК (ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ)	218
2.20. ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТИ ФЕНОТИПІВ, ГЕНОТИПІВ І АЛЕЛІВ В ПОПУЛЯЦІЇ ТА ОЦІНКА ЇЇ ГЕНЕТИЧНОЇ РІВНОВАГИ	221
2.21. СПАДКОВІ АНОМАЛІЇ ОСНОВНИХ ВИДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН	225
РОЗДІЛ 3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНИХ РОБІТ	245
САМОСТІЙНА РОБОТА № 1. ПРЕДМЕТ ГЕНЕТИКИ, ЦИТОЛОГІЧНІ І МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ	245
САМОСТІЙНА РОБОТА № 2. ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕДАЧІ СПАДКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ	247
САМОСТІЙНА РОБОТА № 3. МУТАГЕНЕЗ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ГЕНЕТИКИ В АГРАРНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ	257
САМОСТІЙНА РОБОТА № 4. ГЕНЕТИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ СПАДКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЯХ ТВАРИННИЦТВА	266
САМОСТІЙНА РОБОТА № 5. КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ	271
САМОСТІЙНА РОБОТА № 6. ОЦІНКА ВІРОГІДНОСТІ РІЗНИЦІ МІЖ СЕРЕДНІМИ АРИФМЕТИЧНИМИ ДВОХ ГРУП ТВАРИН	272
САМОСТІЙНА РОБОТА № 7. ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ	276
РОЗДІЛ 4. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ	284
4.1. МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ	284
4.1.1. МОДЕЛЮВАННЯ БУДОВИ НУКЛЕЇНОВИХ КИСЛОТ ТА БІОСИНТЕЗУ БІЛКА	284
4.1.2. МОДЕЛЮВАННЯ ГЕННИХ МУТАЦІЙ	285
4.2. ГІБРИДОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ	286

4.2.1. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИ МОНОГІБРИДНОМУ СХРЕЩУВАННІ	286
4.2.2. СЕРІЇ МНОЖИННИХ АЛЕЛІВ	287
4.2.3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИ ДИГІБРИДНОМУ СХРЕЩУВАННІ	289
4.2.4. АНАЛІЗ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ РІЗНИХ ФОРМАХ ВЗАЄМОДІЇ НЕАЛЕЛЬНИХ ГЕНІВ	290
4.2.5. ЛЕТАЛЬНІ ГЕНИ	292
4.2.6. АНАЛІЗ ДАНИХ З КРОСИНГОВЕРУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ГЕНЕТИЧНИХ КАРТ ХРОМОСОМ	293
4.2.7. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗЧЕПЛЕНОГО ЗІ СТАТТЮ УСПАДКУВАННЯ	294
4.3. ІМУНОГЕНЕТИКА І ГЕНЕТИЧНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ БІЛКІВ	296
4.4. МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА У ТВАРИННИЦТВІ	298
4.4.1. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ СТАТИСТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ (МАЛА ВИБІРКА)	298
4.4.2. РОЗРАХУНОК СЕРЕДНЬОЇ ВИВАЖЕНОЇ (M_B)	299
4.4.3. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ СТАТИСТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ (ВЕЛИКА ВИБІРКА)	299
4.4.5. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ОЗНАКАМИ (ВЕЛИКА ВИБІРКА)	301
4.4.6. ВИЗНАЧЕННЯ ВІРОГІДНОСТІ РІЗНИЦІ МІЖ СЕРЕДНІМИ АРИФМЕТИЧНИМИ ДВОХ ВИБІРОК	304
4.4.7. ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ	304
4.5. ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦІЙ	306
РОЗДІЛ 5. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ	308
ДОДАТКОВІ ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ	332
ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ПОНЯТТЯ	339
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	350

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
POLISSYA NATIONAL UNIVERSITY**

**L. Piddubna, M. Pelekhaty, D. Kucher,
O. Kochuk-Yashchenko, V. Koberniuk**

ANIMAL GENETICS WITH BIOMETRICS

The tutorial

Recommended as a training manual for
students of specialty
204 «Livestock Production and Processing Technologies of Animal Products»
in higher education institutions
of the Ministry of Education and Science of Ukraine

ZHYTOMYR - 2021

Recommended for publication by the Academic Council of Polissya National University, Minutes No. ____ from _____, 2021.

Recommended as a textbook for the training of students of specialty 204 "Livestock Production and Processing Technologies of Animal Products" in higher education institutions of the Ministry of Education and Science of Ukraine.

Authors:

L. Piddubna – Dr.Sc.Agr., associate professor;

M. Pelekhaty – Dr.Sc.Agr., professor;

D. Kucher – Ph.D. (Agricultural Sciences), associate professor;

O. Kochuk-Yashchenko – Ph.D. (Agricultural Sciences), associate professor;

V. Koberniuk – Ph.D. (Agricultural Sciences), associate professor.

Reviewers:

I. M. Savchuk – Dr.Sc.Agr., professor, deputy research officer of the director of the Institute for agriculture Polissya;

L. M. Khmelnychy – Dr.Sc.Agr., professor, chair of the department of Animal Breeding, Selection and Aquatic Bioresources, Sumy National Agrarian University;

D. V. Lisohurska – Ph.D. (Agricultural Sciences), associate professor of the department of Livestock Production Technologies of Animal Products, Polissya National University.

A38 **Animal genetics with biometrics: the tutorial for students of specialty 204 "Livestock Production and Processing Technologies of Animal Products" / L. M. Piddubna, M. S. Peltkhaty, D. M. Kucher, O. A. Kochuk-Yashchenko., V. V. Koberniuk. Zhytomyr: Polissya, 2021. 352 pp.**

ISBN

The textbook describes the history of development and theoretical principles of animal genetics: material bases of heredity, patterns of inheritance of traits during sexual reproduction, forms of gene interaction, basics of mutagenesis, immunogenetics and population genetics, biotechnology in animal husbandry, genetic bases of individual development and behavior of animals, variability of signs. The manual also contains methodical materials for laboratory work, individual tasks for independent work, examples of solving typical genetic and biometric problems, test tasks to check the level of knowledge of students in all sections.

ISBN

© Polissya National University, 2021

CONTENTS

PREFACE	20
SECTION 1. THEORETICAL PROVISIONS OF ANIMAL GENETICS	22
1.1. SUBJECT, DEVELOPMENT AND METHODS OF GENETICS	22
1.1.1. SUBJECT OF GENETICS	22
1.1.2. PERIODS OF ESTABLISHMENT AND DEVELOPMENT OF GENETICS	23
1.1.3. METHODS OF GENETICS	27
1.1.4. PRACTICAL SIGNIFICANCE OF GENETICS	28
1.2. CYTOLOGICAL FUNDAMENTALS OF HEREDITY	29
1.2.1. CELL - FUNCTIONAL UNIT OF THE ORGANISM	29
1.2.2. CHROMOSOMES-CARRIERS OF HEREDITY, THEIR STRUCTURE	32
1.2.3. SOMATIC CELLS. MITOSIS	36
1.2.4. STEM CELLS. MEYOS	37
1.2.5. GAMET FORMATION. FERTILIZATION	38
1.3. MOLECULAR FUNDAMENTALS OF INHERITANCE AND INHERITANCE MECHANISM	41
1.3.1. INHERITANCE INFORMATION, ITS CODING	41
1.3.2. MECHANISM OF TRANSMISSION OF HERITABLE INFORMATION AND PROTEIN SYNTHESIS IN THE CELL	42
1.3.3. GENE AND REGULATION OF ITS ACTIVITY	46
1.4. REGULARITIES OF INHERITANCE OF TRAITS IN SEXUAL REPRODUCTION	50
1.4.1. HYBRIDOLOGICAL ANALYSIS, GENERAL CONCEPTS	50
1.4.2. INHERITANCE OF SIGNS IN MONOGYBRID CROSSING	53
1.4.3. INHERITANCE OF SIGNS IN CHILD POLYHYBRID CROSSING. MENDEL'S THIRD LAW	56
1.5. TYPES OF INHERITANCE OF TRAITS DETERMINED BY THE ACTION AND INTERACTION OF GENES	58
1.5.1. TYPES OF INTERACTION BETWEEN ALLELELIC	58

GENES OF ONE LOCUS	
1.5.2. TYPES OF INTERACTION OF NON-ALLELIC GENES	62
1.6. CHROMOSOME THEORY OF HEREDITY	69
1.6.1. CONNECTION OF GENES IN CHROMOSOME	69
1.6.2. CROSSINGOVER	70
1.6.3. METHODS FOR DETERMINING GENE COUPLING	71
1.6.4. CHROMOSOME MAPPING	73
1.7. GENETICS OF GENDER	75
1.7.1. MECHANISM OF CHROMOSOMIC DETERMINATION	75
OF SEX	
1.7.2. BALANCE SHEET THEORY OF DEFINITION OF SEX	76
1.7.3. BISEXUALITY OF ORGANISMS	77
1.7.4. PATHOLOGY IN KARYOTYPE BY SEX	78
CHROMOSOMES	
1.7.5. INHERITANCE OF ARTICLES CONNECTED WITH	79
ARTICLE	
1.7.6. RARE VARIETIES OF SEXUAL REPRODUCTION	82
1.8. MUTAGENESIS AND MUTATION VARIABILITY	83
1.8.1. GENERAL CONCEPTS	83
1.8.2. MUTATIONS, THEIR CLASSIFICATION	83
1.8.3. GENE (POINT) MUTATIONS	85
1.8.4. GENOME MUTATIONS	86
1.8.5. CHROMOSOME ABERATIONS	88
1.8.6. EFFECTS OF MUTATIONS ON HEALTH, ECONOMIC	90
AND BREEDING QUALITIES OF ANIMALS	
1.9. IMMUNOGENETICS AND GENETIC POLYMORPHISM	91
1.9.1. GENERAL CONCEPTS	91
1.9.2. BLOOD GROUPS AND THEIR DEFINITIONS	91
1.9.3. THE IMPORTANCE OF BLOOD GROUPS FOR	94
SELECTION	
1.9.4. POLYMORPHISM OF PROTEIN AND ENZYME	96
SYSTEMS	
1.9.5. APPLICATION OF POLYMORPHIC PROTEIN SYSTEMS	98

IN SELECTION WORK	
1.10. BIOTECHNOLOGY AND GENETIC ENGINEERING IN ANIMAL HUSBANDRY	99
1.10.1. EMBRYON TRANSPLANTATION	99
1.10.2. OBTAINING MONOSYGOETHIN TWINS	101
1.10.3. CHIMERAL ANIMALS	102
1.10.4. ANIMAL CLONING	103
1.10.5. FERTILIZATION OUTSIDE THE ORGANISM	104
1.10.6. GENETIC ENGINEERING	104
1.11. GENETIC FUNDAMENTALS OF INDIVIDUAL DEVELOPMENT	106
1.11.1. FERTILIZATION. THE ROLE OF MATERNAL HEREDITY IN THE FORMATION OF EMBRYOS	106
1.11.2. MICROSURGICAL DIVISION OF EMBRYOS	107
1.11.3. FEATURES OF GENE REGULATION OF BIOSYNTHESIS IN DOMESTIC ANIMALS	107
1.11.4. CRITICAL PERIODS OF DEVELOPMENT	108
1.11.5. AGE CHANGES OF SIGNS. THE PROCESS OF AGING	109
1.11.6. USE OF EXTERNAL FACTORS FOR NORMALIZATION OF DEVELOPMENT	109
1.12. GENETICS OF ANIMAL BEHAVIOR	110
1.12.1. GENERAL CONCEPTS	110
1.12.2. THE TEACHINGS OF ACADEMICIAN PAVLOV IP ON THE BEHAVIOR OF ANIMALS	112
1.12.3. GENETIC CONDITIONALITY OF BEHAVIOR	113
1.12.4. STRESS AS AN ADAPTIVE RESPONSE OF ANIMALS TO ADVERSE FACTORS	113
1.12.5. SIGNIFICANCE OF BEHAVIORAL TRAITS IN THE ANIMAL SELECTION AND USE	114
1.13. BIOMETRIC METHODS OF ANALYSIS, GENETICS OF INHERITANCE OF QUANTITATIVE SIGNS	115
1.13.1. BIOMETRIC METHODS OF STUDYING THE VARIABILITY OF SIGNS	115

1.13.2. MAIN STATISTICAL INDICATORS	116
1.13.2.1. AVERAGE VALUES OF VARIABLE SIGNS	116
1.13.2.2. INDICATORS OF VARIABILITY OR VARIATION OF SIGNS	117
13.2.3. ERRORS OF STATISTICAL VALUES	117
13.2.4. RELIABILITY INDICATORS OF STATISTICAL PARAMETERS	118
13.2.5. INDICATORS OF RELATIONSHIP BETWEEN SIGNS	118
1.13.3. CHARACTER VARIABILITY - “MATERIAL” FOR EFFECTIVE SELECTION	118
1.13.4. INHERITANCE OF TRAITS, METHODS OF DETERMINATION AND SIGNIFICANCE IN ANIMAL SELECTION	120
1.13.5. FEATURES OF INHERITANCE OF QUANTITATIVE SIGNS	121
1.13.6. SIGNIFICANCE FOR ANIMAL SELECTION OF REPETITION OF SIGNS	122
1.13.7. SELECTION EFFECT AND METHODS OF ITS DETERMINATION	123
1.14. POPULATION GENETICS - THE BASIS OF ANIMAL SELECTION	124
1.14.1. POPULATION AND ITS GENETIC STRUCTURE	124
1.14.2. FEATURES OF NATURAL AND ARTIFICIAL POPULATIONS	125
1.14.3. METHODS OF STUDYING POPULATIONS	125
1.14.4. GENETIC EQUILIBRIUM OF POPULATION AND DISTRIBUTING FACTORS	126
1.14.5. INFLUENCE OF ANIMAL REPRODUCTION METHODS ON THE GENETIC STRUCTURE OF THE POPULATION	127
1.14.6. INFLUENCE OF SELECTION ON THE GENETIC STRUCTURE OF THE POPULATION	127
1.15. GENETICS OF DIFFERENT SPECIES OF AGRICULTURAL ANIMALS	129
1.15.1. BIG HORN	129

1.15.1.1. MAIN SELECTION TRAITS	129
1.15.1.2. CHARACTERISTICS OF KARYOTYPE	130
1.15.1.3. BLOOD GROUPS AND PROTEIN POLYMORPHISM	130
1.15.1.4. HERITABLE DISEASES AND ANOMALIES	130
1.15.1.5. GENETIC FUNDAMENTALS OF REPRODUCTIVE	131
FUNCTION	
1.15.2. SHEEP	131
1.15.2.1. MAIN SELECTION TRAITS	131
1.15.2.2. CHARACTERISTICS OF KARYOTYPE	132
1.15.2.3. BLOOD GROUPS AND PROTEIN POLYMORPHISM	132
1.15.2.4. HERITABLE DISEASES AND ANOMALIES	133
1.15.3. PIG GENETICS	133
1.15.3.1. MAIN SELECTION TRAITS	133
1.15.3.2. CHARACTERISTICS OF KARYOTYPE	134
1.15.3.3. BLOOD GROUPS AND POLYMORPHISM	134
1.15.3.4. HERITABLE DISEASES AND ANOMALIES	134
1.15.3.5. GENETIC FUNDAMENTALS OF REPRODUCTIVE	135
FUNCTION	
1.15.4. HORSET GENETICS	135
1.15.4.1. MAIN SELECTION TRAITS	135
1.15.4.2. CHARACTERISTICS OF KARYOTYPE	135
1.15.4.3. BLOOD GROUPS AND PROTEIN POLYMORPHISM	136
1.15.4.4. HERITABLE DISEASES AND ANOMALIES	136
1.15.5. POULTRY GENETICS	136
1.15.5.1. MAIN SELECTION TRAITS	136
1.15.5.2. CHARACTERISTICS OF KARYOTYPE	136
1.15.5.3. BLOOD GROUPS AND PROTEIN POLYMORPHISM	137
1.15.5.4. HERITABLE DISEASES AND ANOMALIES	137
SECTION 2. METHODOLOGICAL MATERIALS FOR	138
LABORATORY CLASSES	
2.1. CELL AS A GENETIC SYSTEM, MITOSIS, MEIOSIS AND	138
GAMETOGENESIS	
2.2. STRUCTURE OF CHROMOSOME. KARYOTYPES	149

2.3. ANALYSIS OF THE GENETIC CODE TABLE, GRAPHIC MODELING OF THE STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS AND PROTEIN BIOSYNTHESIS	158
2.4. SIMULATION OF GENE MUTATIONS	166
2.5. ANALYSIS OF RESULTS IN MONOGYBRID CROSSING	167
2.6. SERIES OF MULTIPLE ALLELES	169
2.7. ANALYSIS OF RESULTS IN DI- AND POLYHYBRID CROSSING	170
2.8. ANALYSIS OF INHERITANCE OF TRAITS IN DIFFERENT FORMS OF GENE INTERACTION	172
2.9. LETHAL GENES AND THEIR PRACTICAL USE IN ANIMAL HUSBANDRY	175
2.10. ANALYSIS OF CROSSINGER DATA AND DETERMINATION OF CHROMOSOME GENETIC MAPS	177
2.11. ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE INHERITANCE OF CHARACTERISTICS	181
2.12. FAMILY GENETIC ANALYSIS BY BLOOD GROUPS	183
2.13. DETERMINATION OF GENETIC SIMILARITY BETWEEN POPULATIONS BY BLOOD GROUPS	191
2.14. TYPES OF VARIATION SERIES, THEIR GRAPHIC IMAGE AND USE IN ANIMAL GENETICS AND SELECTION	193
2.15. AVERAGE VALUES: CALCULATION AND APPLICATION ALGORITHMS	199
2.16. INDICATORS OF DIVERSITY OF SELECTION TRAITS, METHODS OF THEIR DETERMINATION AND APPLICATION	203
2.17. ESTIMATION OF RELATIVE VARIABILITY (CORRELATION, REGRESSION) OF ECONOMIC USEFUL FEATURES IN A RANDOMIZED SAMPLE FROM THE POPULATION OF FARM ANIMALS	206
2.18. REPRESENTATIVENESS OF SELECTED INDICATORS	213
2.19. ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF ORGANIZED FACTORS ON THE VARIABILITY OF ECONOMIC USEFUL FEATURES (DISPERSION ANALYSIS)	218

2.20. DETERMINATION OF THE FREQUENCY OF PHENOTYPES, GENOTYPES AND ALLELES IN POPULATION AND EVALUATION OF ITS GENETIC EQUILIBRIUM	221
2.21. HERITABLE ANOMALIES OF MAIN SPECIES OF AGRICULTURAL ANIMALS	225
SECTION 3. TASKS FOR INDEPENDENT WORK	246
INDEPENDENT WORK № 1. SUBJECT OF GENETICS, CYTOLOGICAL AND MOLECULAR FUNDAMENTALS OF HERITAGE	246
INDEPENDENT WORK № 2. REGULARITIES OF TRANSMISSION OF HERITAGE INFORMATION	248
INDEPENDENT WORK № 3. MUTAGENESIS AND APPLIED ASPECTS OF GENETICS IN AGRICULTURAL TECHNOLOGIES	258
INDEPENDENT WORK № 4. GENETIC-MATHEMATICAL ANALYSIS OF HERITABLE INFORMATION IN LIVESTOCK TECHNOLOGIES	267
INDEPENDENT WORK № 5. CORRELATION-REGRESSION ANALYSIS	272
INDEPENDENT WORK № 6. EVALUATION OF THE PROBABILITY OF THE DIFFERENCE BETWEEN THE AVERAGE ARITHMETIC OF TWO GROUPS OF ANIMALS	273
INDEPENDENT WORK № 7. DISPERSION ANALYSIS	277
SECTION 4. EXAMPLES OF SOLVING TYPICAL PROBLEMS	285
4.1. MOLECULAR FUNDAMENTALS OF HERITAGE	285
4.1.1. MODELING OF NUCLEIC ACID STRUCTURE AND PROTEIN BIOSYNTHESIS	285
4.1.2. SIMULATION OF GENE MUTATIONS	286
4.2. HYBRIDOLOGICAL ANALYSIS	287
4.2.1. ANALYSIS OF RESULTS IN MONOGYBRID CROSSING	287
4.2.2. SERIES OF MULTIPLE ALLELES	288
4.2.3. ANALYSIS OF RESULTS IN DIGYBRID CROSSING	290
4.2.4. ANALYSIS OF INHERITANCE OF SIGNS AT DIFFERENT FORMS OF NON-ALLELIC GENES INTERACTION	291

4.2.5. FATAL GENES	293
4.2.6. ANALYSIS OF CROSSINGOVER DATA AND DETERMINATION OF CHROMOSOME GENETIC MAPS	29
4.2.7. ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE INHERITANCE LINKED WITH ARTICLE	295
4.3. IMMUNOGENETICS AND GENETIC POLYMORPHISM OF PROTEINS	297
4.4. MATHEMATICAL STATISTICS IN LIVESTOCK	299
4.4.1. CALCULATION OF MAIN STATISTICAL INDICATORS (SMALL SAMPLE)	299
4.4.2. CALCULATION OF THE WEIGHTED AVERAGE (MB)	300
4.4.3. CALCULATION OF MAIN STATISTICAL INDICATORS (LARGE SAMPLE)	300
4.4.5. CALCULATION OF INDICATORS OF RELATIONSHIP BETWEEN SIGNS (LARGE SAMPLE)	303
4.4.6. DETERMINATION OF THE PROBABILITY OF DIFFERENCE BETWEEN AVERAGE OF TWO SAMPLES	305
4.4.7. DISPERSION ANALYSIS	305
4.5. POPULATION GENETICS	307
SECTION 5. TEST TASKS FOR SELF-CONTROL	309
ADDITIONAL TEST TASKS	332
BASIC TERMS AND CONCEPTS	340
REFERENCES	351

ВСТУП

Курс «Генетика з біометрією» є складовою частиною спеціальності 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва». Генетика – наука про спадковість і мінливість організмів. Вона є фундаментальною наукою, основою сучасної біології, оскільки закони спадковості і мінливості універсальні для усіх організмів, а методи генетики можуть застосовуватись у будь-яких біологічних дослідженнях. Вона є теоретичною основою селекції, племінної справи, розведення тварин, біотехнології. Генетика необхідна для розроблення генетичних методів захисту спадковості людини, тварин і рослин від збудників хвороб та впливу мутагенних факторів. Пізнання шляхів реалізації спадкової інформації в онтогенезі допоможе створити кращі умови для розвитку господарськи корисних ознак тварин і рослин, підвищення їхньої продуктивності.

Для вивчення явищ спадковості і мінливості застосовують біометричні методи обробки статистичних даних, не виключаючи описовий метод характеристики цих біологічних явищ. Особливо велике значення біометрична обробка має у племінній справі для визначення успадкування ознак, визначення ефекту відбору та вирішення теоретичних і практичних питань генетики і селекції.

Метою навчальної дисципліни є освоєння здобувачами освіти основних закономірностей спадковості та мінливості ознак сільськогосподарських тварин і птиці, засвоєння принципів генетичних досліджень для їх поліпшення у конкретному стаді та у породі в цілому, оволодіння методами моделювання і створення нових селекційних форм, підвищення рівня розвитку господарськи корисних ознак через взаємодію «генотип-середовище» з метою раціонального і максимального використання генетичного потенціалу окремих видів сільськогосподарських тварин і птиці.

Знання з біометрії дасть можливість майбутнім фахівцям проводити наукові дослідження у тваринницькій галузі, розраховувати основні біометричні константи, визначати взаємозв'язки між ознаками та оцінювати вірогідність отриманих результатів.

Навчальний посібник складений відповідно до програми навчальної дисципліни і містить теоретичні положення генетики, методичні вказівки та матеріали для проведення лабораторних занять, завдання для самостійних робіт, приклади розв'язання типових задач, тестові завдання для поточного контролю рівня знань здобувачів освіти, список рекомендованої літератури.

Видання навчального посібника «Генетика тварин з біометрією» спрямоване насамперед на підвищення ефективності самостійної та індивідуальної роботи, оскільки її частка від загальної кількості годин наразі значно збільшилась. Задля цього матеріал викладений у логічній послідовності, стисло, тезисно, з конкретними прикладами та алгоритмами розрахунків.

Сподіваємось, навчальний посібник буде корисним викладачам і студентам.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ГЕНЕТИКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН

1.1. ПРЕДМЕТ, РОЗВИТОК І МЕТОДИ ГЕНЕТИКИ

1.1.1. ПРЕДМЕТ ГЕНЕТИКИ

Генетика – наука про спадковість і мінливість тварин, рослин, мікроорганізмів.

Термін “генетика” походить від грецького слова “генезис” – походження, виникнення, розвиток.

Назву для нової на той час науки запропонував у 1906 році відомий англійський вчений **Бетсон**.

Предметом генетики є вивчення спадковості і мінливості основних ознак живих істот та їх реалізації в процесі індивідуального розвитку.

Спадковість – це властивість живих істот передавати свої ознаки нащадкам. Спадковість дає змогу тваринам, рослинам і мікроорганізмам зберігати в поколіннях характерні риси виду, породи, сорту.

Мінливість – це відмінності між тваринами (іншими органічними формами) одного виду або між спорідненими особинами за рядом ознак та властивостей. Завдяки мінливості особини в межах виду, породи, сорту, відрізняються між собою.

Генетика вивчає спадковість і мінливість не лише на рівні видимих ознак і властивостей, але й на молекулярному рівні самих спадкових структур, спираючись на досягнення інших біологічних наук, таких як біохімія і молекулярна біологія. За допомогою молекулярної біології генетика вивчає дію гена на молекулярному рівні, етапи переходу спадкової інформації про характеристику ознаки від гена до розвитку цієї ознаки. Вчення про спадковість та мінливість організмів є теоретичною основою селекції, яка має безпосереднє відношення до вирішення продовольчої проблеми.

1.1.2. ПЕРІОДИ СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ ГЕНЕТИКИ

Батьком генетики вважається Г. Мендель. У 1865 році вийшла його робота “Досліди над рослинними гібридами гороху”, у якій була вперше висловлена і підтверджена ідея про дискретну, корпускулярну природу спадкових факторів.

Виділяють ряд періодів, які характеризують становлення і розвиток генетики:

1-й. Період до перевідкриття законів Г. Менделя (1865-1900 рр.). У цей період відбувається подальший розвиток уявлень про спадковість. Остання чверть 19-го століття характеризується бурхливим розвитком науки і техніки.

Основні відкриття:

І. Д. Чистяков - відкрив хромосоми ядра та його непрямий поділ – мітоз (1874);

Т. Бовері та ін. – встановили гапліодний набір хромосом статевих клітин (80-і роки);

А. Вейсман – розробив теорію зародкової плазми (80-і роки);

О. Гертвіг – дослідив процес *сингамії* – злиття ядер яйцеклітини і спермія, яке закінчується заплідненням (1875);

І. Кельрейтер – установив, що материнський і батьківський організми мають рівну спроможність передавати свої ознаки нащадкам, тобто кожен з них передає половину свого набору хромосом.

Усі ці відкриття через 35 років допомогли зрозуміти людству відкриті Г. Менделем закономірності успадкування ознак при статевому розмноженні.

2-й. Період становлення генетики як науки (1900-1912 рр.). Почалися інтенсивні генетичні дослідження на різних видах організмів, що дало можливість чітко сформулювати закони Менделя та ствердити їх універсальність. У цей період була визначена основна генетична термінологія. З цього часу генетика стала розвиватися як самостійна наука.

У цей період було зроблено ряд відомих відкриттів, зокрема:

Г. де-Фріз (Голандія), К. Коренс (Німеччина) та Е. Чермак (Австрія) – незалежно один від одного в експериментах на рослинах підтвердили закономірності успадкування, які відкрив **Г. Мендель** (1900 р.);



Г. де-Фріз – виснув теорію мутацій (1901-1903);

В. Йогансен – встановив існування матеріальних одиниць спадковості і запропонував називати їх “генами” (1909);

С. І. Коржинський – розпочав вивчення штучних мутацій.

3-й. Період створення і ствердження хромосомної теорії (1912-1925 рр.). Основне досягнення цього періоду – опрацювання **Т. Морганом** хромосомної теорії спадковості, якою він експериментально довів лінійне розміщення генів у хромосомах та запропонував метод картування хромосом, тобто виявлення у них місцезнаходження генів. Як наслідок виникла нова наука – цитогенетика, що вивчає внутрішню будову клітин та успадкування ознак на основі змін певних ділянок хромосом.

У цей же період:

К. Бріджес – відкрив хромосомний механізм визначення статі;

А. Стертевант – виявив рекомбінативну мінливість, коли гомологічні хромосоми за рахунок кросинговеру змінюють свою генетичну структуру;

Нільсон-Еле – розпочав вивчення кількісних ознак;

І. В. Мічурін – уперше провів досліди з міжвидової гібридизації.

4-й. Період створення теорії мутацій (1925-1940 рр.). У цей період були внесені суттєві доповнення до теорії мутацій (тобто успадкування змін ознаки на основі зміни генів), яку висунув у 1901-1903 рр Г. де-Фріз.

Зокрема:

Г. А. Надсон і Г. С. Філіпов (Ленінград) одержали штучні мутації генів дріжджових клітин під дією променів радіо (1925);

Г. Меллер (США), використовуючи промені Рентгена, встановив, що частота мутацій у дрозофіли залежить від дози опромінювання (1927);

І. А. Рапопорт (СРСР) та **Ш. Ауербах** (Шотландія) незалежно один від одного показали можливість отримання мутацій за допомогою хімічних сполук (1946-1947). Ці методи прискорюють частоту виникнення нових спадкових змін у 1000 – 10 000 разів порівняно з природними процесами. У цей же період:

М. І. Вавілов – відкрив закон гомологічних рядів спадкової мінливості. Започаткована популяційна генетика.

Отже, на початок 40-х років класична генетика являла собою наукову дисципліну із суворо обгрунтованою системою знань.

5-й. Період відкриття ролі ДНК як матеріального носія спадковості (1940-1953 рр.). У цей період набули великого розвитку такі галузі генетики як фізіологічна та біохімічна генетика, генетика вірусів та мікроорганізмів.

О. Евері – встановив, що спадкова інформація зосереджена в молекулах ДНК (1944);

Дж. Біدل і Е. Татум (американські генетики) – узагальнивши досвід вивчення біохімічних мутантів у мікроскопічних грибів, запропонували гіпотезу про регулювання генами синтезу ферментів, що виражається принципом «один ген - один фермент» (1944). Це перевело генетику на біохімічний, а потім і на молекулярний рівень;

Дж. Ледерберг і М. Зіндер (американські генетики) – відкрили явище трансдукції.

6-й. Період молекулярної генетики (1953-1970 рр.). Було відкрито молекулярну будову ДНК, механізм її реплікації (відтворення).

Розшифровано генетичний код. Доведена можливість штучного синтезу окремих генів, зокрема:

Д. Уотсон, Ф. Крік, М. Уїлкінс – запропонували модель будови молекули ДНК, згідно з якою вона має вигляд подвійної спіралі, що складається з так званих нуклеотидів (1953);



Джеймс Уотсон
(1928 р.н.)

Френсіс Крік
(1916-2004)

Моріс Уїлкінс
(1916-2004)

А. Корнберг – синтезував ДНК у штучних умовах (1957);

Ф. Жакоб і Ж. Моно - запропонували механізм регуляції генів (гіпотеза оперону) (1961);

Дж. Матей, Ф. Крік, С. Очоа та М. Ніренберг – розшифрували генетичний код (1964);

Г. Корана – вперше синтезував штучний ген (1970).

7-й. Новітній період (з 1970 року по сьогодні). Це розвиток генетичної інженерії; створення біотехнології; вивчення генного складу окремих організмів та створення їх генетичних карт; розробка методів клонування; використання досягнень різних галузей генетики в практичній діяльності людей.

П. Берг та ін. – (Стафордський ун-т, США) одержали першу рекомбінантну (гібридну) ДНК (1972);

Г. Корана та ін. – синтезували перший функціонально активний штучний ген (1976);

С. М. Гершензон – виявив феномен «стрибаючих генів» і зворотну транскрипцію (1972-1992);

Я. Вілмут – вперше клонував дорослу тварину – вівцю Доллі (1997).

1.1.3. МЕТОДИ ГЕНЕТИКИ

Для вивчення дії гена у різних умовах внутрішнього і зовнішнього середовища використовують різні методи.

- **Гібридологічний аналіз** – полягає у схрещуванні особин, які відрізняються за однією або декількома ознаками, з наступним вивченням одержаного потомства за ряд поколінь (діти, внуки, правнуки).

- **Генетичний аналіз** – базується на використанні математики, дає можливість вивчити мінливість різних ознак, їх успадкування та взаємозв'язок, встановити генетичну структуру популяції за частотою генів і генотипів.

- **Феногенетичний аналіз** – вивчення впливу умов годівлі та утримання сільськогосподарських тварин на формування у них спадково обумовлених ознак і властивостей при будь-якому схрещуванні.

- **Мутаційний аналіз** – базується на порівнянні ефекту мутації з вихідною дією гена.

- **Цитогенетичний аналіз** – дослідження кількості, розмірів і форми хромосом та інших клітинних структур.

- **Статистичний (біометричний) аналіз** – являє собою ряд математичних способів оцінки результатів досліджень: вірогідність різниці між показниками дослідних і контрольних груп, відповідність розподілу експериментальних даних теоретично очікуваному розподілу і тому подібне.

Слід відмітити, що при проведенні аналізу того чи іншого селекційного процесу застосовуються одночасно декілька методів, зокрема гібридологічний, генеалогічний, популяційний та статистичний (біометричний).

1.1.4. ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ГЕНЕТИКИ

Найбільш актуальними завданнями генетики є: 1) вирішення продовольчої проблеми; 2) охорона здоров'я людини та інших істот; 3) охорона навколишнього середовища.

У тваринництві методи генетики використовуються:

- за розробки нових методів одержання харчового і кормового білка;
- за виведення високопродуктивних порід і типів худоби та птиці, стійких до хвороб та кліматичних і технологічних факторів;
- за використання явища гетерозису для одержання гібридних тварин і птиці;
- за використання спорідненого розведення (інбридингу) в пороодоутворювальному процесі;
- для оцінки генетичного потенціалу продуктивності тварин;
- для оцінки генотипу тварин за якістю потомства;
- для збереження генофонду рідкісних видів, порід, ліній і стад;
- за контролю походження тварин (так звана генетична експертиза);
- для регуляції статі тварин, тобто одержання переважної частини самців чи самок.

Питання для самоконтролю:

1. Якого вченого вважають «батьком» генетики?
2. Що є предметом вивчення генетики?
3. Коли вийшла праця Г. Менделя “Досліди над рослинними гібридами гороху”?
4. Скільки виділяють періодів розвитку генетики?
5. До якого періоду належить опрацювання Т. Морганом хромосомної теорії спадковості?
6. Коли тривав період створення теорії мутацій і основні вчені?
7. Хто і коли створив модель молекули ДНК?
8. Суть і основні розробки новітнього періоду?
9. Методи генетичних досліджень?
10. Практичне значення генетики для тваринництва?

1.2. ЦИТОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СПАДКОВСТІ

1.2.1. КЛІТИНА – ФУНКЦІОНАЛЬНА ОДИНИЦЯ ОРГАНІЗМУ

Наука про клітину називається цитологією (грецьке “цитос” – клітина, “логос” – наука). Термін “клітина” запровадив в 1665 році англійський вчений Р. Гук.

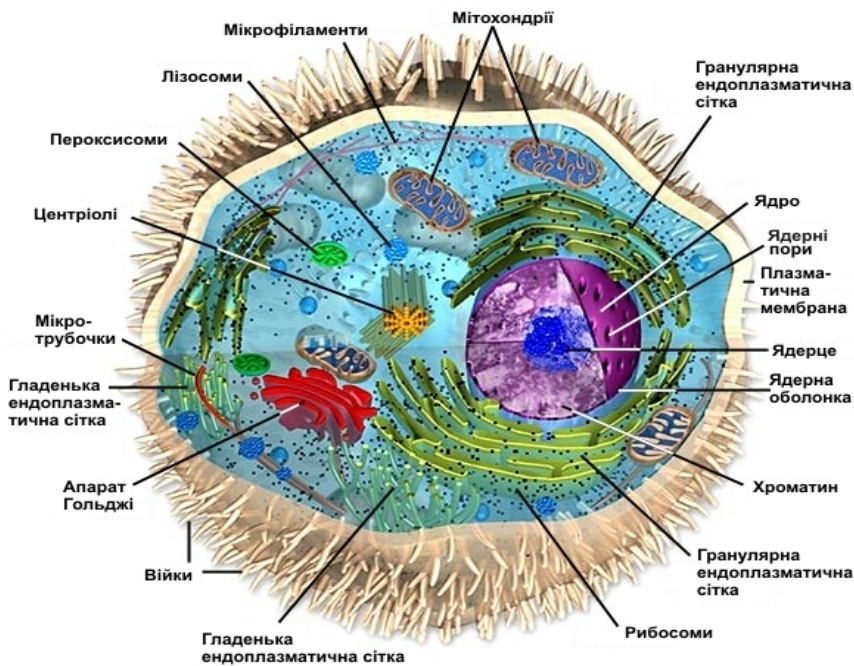
Протягом останніх 250-300 років цитологією сформована клітинна теорія, яка включає наступні основні положення:

- клітина – це основна структурна одиниця розвитку та будови всіх живих організмів, є найменшою одиницею живого організму;
- клітини всіх одноклітинних і багатоклітинних організмів є подібними (гомологічними) за своєю будовою, хімічним складом, основним проявом життєдіяльності та обміну речовин;
- клітини розмножуються поділом, і кожна нова клітина утворюється в результаті поділу початкової, вихідної (материнської) клітини;
- у складних багатоклітинних організмів клітини спеціалізовані за функціями, які вони виконують, та утворюють тканини;
- із тканин складаються органи, що тісно зв'язані між собою.

Клітини бувають двох типів – **прокаріоти** (не мають структурно оформленого ядра, гени розміщені в цитоплазмі, типові представники – бактерії та синьо-зелені водорості) та **еукаріоти** (мають ядро, де розміщені гени у вигляді хромосом, а також цитоплазматичну спадковість).

Клітина будь-якого організму – це цілісна, складна біологічна система. Органели цитоплазми забезпечують матеріальні й енергетичні процеси життєдіяльності. Ядро клітини є джерелом спадкової інформації, яка визначає характер розвитку та властивості організму. Розміри клітини коливаються в межах 1 – 100 мкм (мікроміліметрів).

Тваринна клітина складається з трьох нерозривно зв'язаних між собою частин: плазматичної мембрани, цитоплазми і ядра.



Плазматична мембрана товщиною біля 10 нм (нанометрів). Вона створює перешкоду, що відокремлює внутрішній вміст самої клітини від зовнішнього середовища. Через неї надходять до клітини різноманітні речовини і вода, виводяться продукти обміну, а також речовини, синтезовані у клітині (білки, вуглеводи, гормони тощо). Плазматичні мембрани лейкоцитів людини і тварин приймають участь у фагоцитозі – знешкодженні бактерій та різноманітних твердих частинок, які випадково потрапили в організм.

Цитоплазма є основним внутрішнім напіврідким середовищем клітини і складає 40-90 % її загальної маси. Саме у ній відбуваються основні процеси обміну речовин, вона об'єднує в одне ціле ядро і всі органоїди, забезпечує діяльність клітини як єдиної цілісної живої системи.

Основними органоїдами клітин тварин є рибосоми, мітохондрії, апарат Гольджі, лізосоми, ендоплазматична сітка та клітинний центр.

Ендоплазматична сітка буває гладенькою та гранулярною. На мембранах гранулярної ендоплазматичної сітки розташовані **рибосоми**.

Рибосоми. У кожній клітині міститься багато тисяч рибосом. До їх складу входять білки і РНК. Функція рибосом – синтез білка. Він здійснюється не однією рибосомою, а цілою групою, в якій буває до кількох десятків об'єднаних рибосом. Таку групу рибосом називають **полісомою**.

Мітохондрії – дрібні гранульовані тільця, які синтезують основне джерело енергії для обмінних процесів клітини – аденозинтрифосфору кислоту (АТФ). Тому їх ще називають “силовими станціями” клітин.

Апарат Гольджі має форму складної сітки, розміщеної навколо ядра. У ньому накопичуються продукти синтетичної діяльності клітини (білки, вуглеводи, жири), тому апарат Гольджі називають “депо” поживних речовин. На мембранах апарату Гольджі синтезуються жири і вуглеводи (полісахариди), які використовуються клітиною. Завдяки діяльності апарату Гольджі оновлюється і росте плазматична мембрана. У його порожнинах формуються лізосоми.

Лізосоми – невеликі круглі тільця, у середині яких містяться ферменти (понад 60 гідролаз), що розчиняють білки, жири, вуглеводи, нуклеїнові кислоти. Вони беруть участь у травленні поживних речовин та виділенні відмерлих у процесі життєдіяльності частин клітини.

Клітинний центр міститься поблизу ядра, має дві **центріолі**, які відіграють важливу роль у поділі клітин – беруть участь у формуванні веретена поділу.

Ядро – найбільший організм клітини, який складає 10-20% її об'єму. Воно відмежоване від цитоплазми оболонкою, але зв'язане з нею порами.

Усередині ядра містяться нуклеоплазма, ядерця та хромосоми.

У період між поділами ядра (інтерфаза) хромосоми мають форму дуже довгих (понад 1 см) і тонких ниток, тому їх можна побачити лише за допомогою електронного мікроскопу. У цей період здійснюється дуже важливий процес – синтез ДНК, внаслідок якого кожна хромосома подвоюється. У клітинах ссавців цей процес триває 6 – 10 годин.

1.2.2. ХРОМОСОМИ – НОСІЇ СПАДКОВСТІ, ЇХ БУДОВА

Носіями спадковості є хромосоми ядра клітини. Кількість хромосом у тварин різних видів неоднакова. Зокрема, у свині налічується 38-40 хромосом, кролика – 44, великої рогатої худоби, кози і вівці – по 60, коня – 66, курки – 78, качки – 80, індички – 82. У людини налічується 46 хромосом. Хромосоми утворюють хромосомний набір – *каріотип*.

Речовину, яка утворює хромосоми, називається хроматин, до його складу входить одна молекула ДНК та основні білки-гістони. Хромосоми існують у ядрі протягом усього життя клітини, проте залежно від стадії мають різну величину та форму. У період інтерфази (відносного періоду спокою клітини) – це деспіралізовані нитки ДНК, що досягають декількох сантиметрів у довжину, товщиною близько 20-30 нм. У такому стані їх не можливо побачити у мікроскоп.

У період поділу клітини хромосоми спіралізуються і стають помітні під мікроскопом. Вони мають вигляд компактних тілець характерної форми, довжиною 1,5-10 мкм і товщиною 0,2-2 мкм. Для того, щоб хромосома могла прийняти такі розміри, вона повинна укоротитись в 10 тисяч разів, тобто сконденсуватися. Конденсована мітотична хромосома має два плеча, які називають теломерами, між ними є первинна перетяжка, або центромера (кінетохор) – ділянка, до якої приєднуються нитки веретена поділу.

Деякі хромосоми мають вторинну перетяжку. Вторинна перетяжка пов'язана з формуванням ядерця, тому її називають ядерцевим організатором. Ця ділянка хромосоми має досить складну структуру та відповідає за синтезування рибосомної РНК. Іноді вторинна перетяжка може бути дуже довга, а іноді вона відділяє від основного тіла хромосоми невелику ділянку, яка називається супутником.

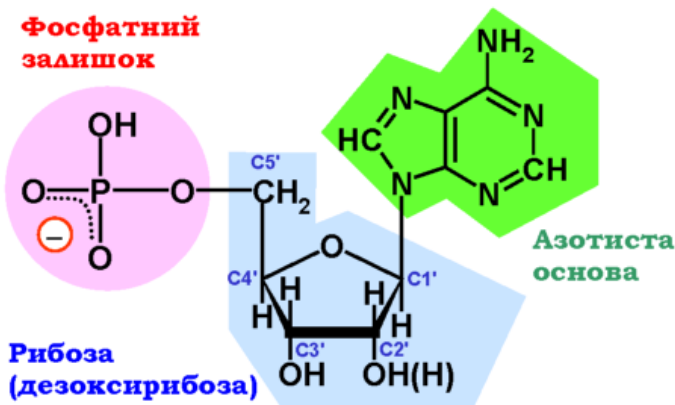
Залежно від розміщення (локалізації) центромери хромосоми бувають:

- **рівноплечими** (метацентричними) – центромера розміщена посередині або близько біля середини хромосоми;

- **нерівноплечими** (субметацентричними) – з плечима різної довжини;
- **акроцентричними** (різке нерівнопліччя) – одне плече дуже мале;
- **телоцентричними** – центроміра розташована майже на самому кінці;
- **центричними із вторинною перетяжкою**;
- **супутничними** – мають невелику ділянку, яка прикріплена до основного тіла лише тонкою ниткою (супутником).

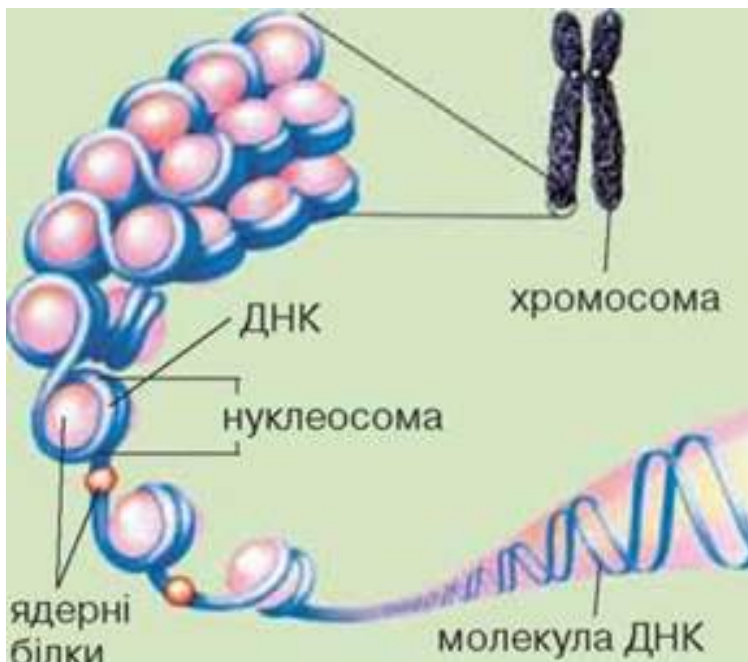
Назва “нуклеїнові кислоти” походить від латинського слова “нуклеус”, тобто ядро.

Нуклеїнові кислоти виконують функцію збереження та передачі генетичної інформації. Вони складаються з 4-х видів азотистих основ, цукру і фосфорної кислоти, які тісно сполучені між собою і утворюють так званий **нуклеотид**.



ДНК входить до складу хромосом. Азотисті основи: аденін (А), гуанін (Г), тимін (Т), цитозин (Ц). Цукор – дезоксирибоза. Молекула ДНК – скручена подвійна спіраль, або драбина, у якій боковини – це чергування цукру і фосфорної кислоти, а поперечки – азотисті основи. Основи розміщені за принципом комплементарності: проти аденіну (А) – тимін (Т), проти гуаніну (Г) – цитозин (Ц). Основна властивість ДНК – здатність до реплікації (самоподвоєння).

Молекула ДНК характеризується чотирма рівнями організації, що забезпечує щільність її упаковки в ядрі:



Первинна структура – послідовність нуклеотидів у одному з ланцюгів ДНК. Нуклеотиди зв'язані один з одним за допомогою фосфорної кислоти і молекули дезоксирибози.

Вторинна структура – подвійна спіраль. Її стійкість забезпечується за рахунок водневих зв'язків: двох – між аденіном і тиміном та трьох – між цитозином і гуаніном.

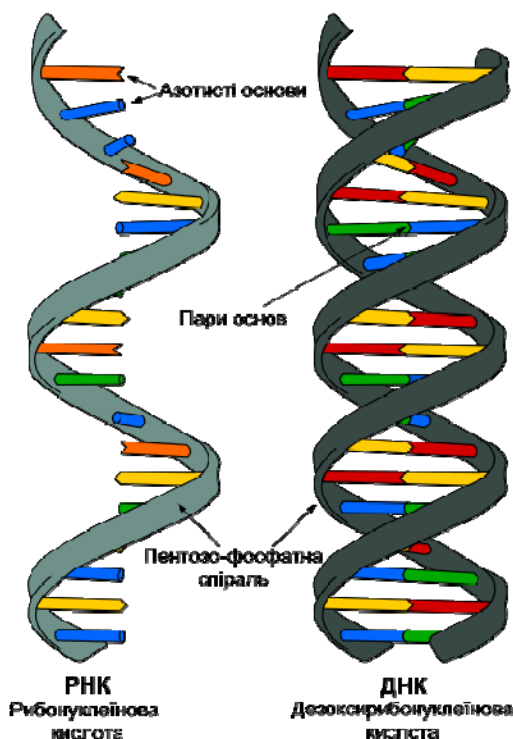
Третинна структура – суперспіралізація за участю білків-гістонів. На кожен супервиток припадає 20-25 витків подвійної спіралі.

Четвертинна структура – утворення петель, додаткові ущільнення, формування хромосом

РНК локалізується в основному в цитоплазмі, невелика кількість - в ядерці. Одноланцюгова. Азотисті основи: аденін, гуанін, цитозин, урацил (У). Цукор – рибоза.

Види РНК: **транспортні РНК** (т-РНК) – найменші за розміром, зв'язують амінокислоти і транспортують їх до рибосом; **інформаційні РНК** (і-РНК) - у 10 разів більші за т-РНК, переносять інформацію про структуру білка від ДНК до місця синтезу білка; **рибосомні РНК** (р-РНК) – мають найбільші розміри, входять до складу рибосом.

Відмінності у будові нуклеїнових кислот: структура ланцюгів (РНК – одинарний, ДНК – подвійний), склад азотистих основ (РНК – А,У,Ц,Г; ДНК – А,Т,Ц,Г), цукор: (РНК – рибоза, ДНК - дезоксирибоза).



1.2.3. СОМАТИЧНІ КЛІТИНИ. МІТОЗ

Організм складається з великої кількості соматичних клітин. Усі вони в межах організму характеризуються однаковим генотипом. У соматичних клітинах набір ідентичних хромосом подвоєний, або **диплоїдний**. Він записується символом “**2n**”.

Ріст організму, диференціація тканин і органів здійснюється за рахунок поділу клітин.

Мітоз – це поділ соматичних клітин, при якому з однієї материнської клітини утворюються дві ідентичні дочірні.

Поділу клітини передують **інтерфаза**. У цей час відбувається підготовка клітини до поділу. Найважливіший підготовчий процес – подвоєння молекули ДНК.

Мітоз має чотири фази: профазу, метафазу, анафазу і телофазу.

Профаза. У профазі відбуваються наступні процеси: 1) подовження розщеплення хромосом, у результаті чого вони подвоюються, утворюючи дві дочірні хромосоми – **хроматиди**, які з'єднуються лише в центромірі; 2) центріолі клітинного центру (а їх дві в кожній клітині) розходяться до протилежних полюсів клітини і між ними утворюється **веретено поділу**; 3) ядерна оболонка розчиняється й хромосоми вільно розміщуються в цитоплазмі; 4) ядерця зникають.

Метафаза. Під час метафази: 1) завершується утворення веретена поділу; 2) хромосоми розміщуються в екваторіальній площині веретена, утворюючи метафазну пластинку; 3) кожна хромосома прикріплюється своєю центромірою до однієї з ниток веретена; 4) у кожній хромосомі відокремлюються, відособлюються одна від одної хроматиди.

Анафаза. Під час анафази: 1) хроматиди розходяться до протилежних полюсів клітини, рухаючись завдяки скороченню ниток веретена з використанням енергії АТФ; 2) хроматиди в результаті руху набувають V-подібної форми.

Телофаза. У телофазі: 1) дочірні хромосоми деспіралізуються (розкручуються); 2) виникає ядерна оболонка; 3) відтворюється характерна для інтерфази структура ядра; 4) утворюються дві дочірні клітини, ідентичні вихідній материнській.

У більшості клітин весь процес мітозу, від профазі до завершення телофазі, триває 1-2 години, що в декілька разів менше тривалості інтерфазі.

У результаті мітозу кожна дочірня клітина одержує такі ж хромосоми, які мала материнська клітина. Кількість хромосом у кожній дочірній клітині дорівнює кількості хромосом материнської клітини.

1.2.4. СТАТЕВІ КЛІТИНИ. МЕЙОЗ

Поділ статевих клітин під час дозрівання називається **мейоз**. У результаті мейозу кількість хромосом у гаметах зменшується вдвічі ("n").

Мейоз складається з двох поділів (**I – редукційний, II - еквацийний**), між якими відсутня інтерфаза.

Обидва поділи мейозу мають ті ж фази, що й мітоз, проте механізм їх перебігу має свої особливості.

У профазі I мейозу хромосоми зазнають істотної трансформації, в ній виділяють п'ять стадій: лептотена, зиготена, пахітена, диплотена і діакінез.

Лептотена (стадія тонких ниток). Здійснюється конденсація хромосом, у результаті якої вони набувають одинарної структури (так званий моновалент).

Зиготена (стадія злиття ниток). Дві гомологічні хромосоми кон'югують (зливаються), утворюючи **бівалент**.

Пахітена (стадія товстих ниток). Гомологічні хромосоми, що злилися, обмінюються ділянками – генами. Цей обмін називається **кросинговер**.

Диплотена (стадія подвійних ниток). Бівалент перетворюється в тетраду, яка складається із чотирьох хроматид.

Діакінез. Хромосоми укорочуються, ущільнюються. Формується веретено поділу.

Наступні стадії I поділу мейозу аналогічні стадіям мітозу. У результаті утворюються дві генетично різні клітини з двоохроматидними хромосомами (гаплоїдний набір).

II поділ мейозу включає поділ двохроматидних хромосом і закінчується утворенням 4-х клітин з гаплоїдним набором хромосом (n). Сукупність генів, локалізованих у гаплоїдному наборі хромосом, називається **геном**. Після запліднення і утворення зиготи диплоїдний набір хромосом відновлюється.

У мейозі відбувається перекомбінація хромосом, що призводить до спадкової мінливості, яку ще називають “комбінаційною мінливістю”. У тварин кількість комбінацій надзвичайно велика і виражається формулою 4^n (n – кількість пар хромосом). Так, кількість комбінацій хромосом у кроликів – 4^{22} (17 592 мільярди); у свиней – 4^{19} (274 мільярди); у людини – 4^{23} (70 368 мільярдів).

Всього, за даними науки, на планеті існувало 70 млрд. людей, що значно менше теоретично можливих генетичних комбінацій. Ось чому немає подібних людей, за виключенням монозиготних близнят.

1.2.5. ФОРМУВАННЯ ГАМЕТ. ЗАПЛІДНЕННЯ

Носіями генетичної інформації є гамети. Гамети розвиваються у статевих залозах – гонадах (сім'яниках і яєчниках).

Гаметогенез умовно поділяють на такі періоди:

1. *Період розмноження* – це інтенсивний мітотичний поділ гоноцитів (сперматогоній і овогоній).

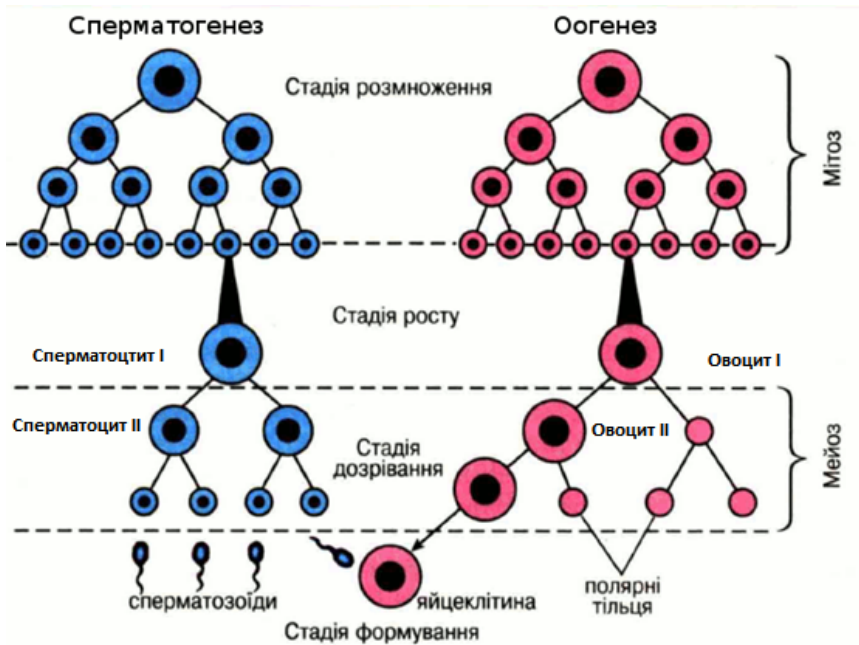
2. *Період росту* – збільшення розміру клітин внаслідок збільшення кількості цитоплазми і перетворення їх на сперматоцити та овоцити першого (1-го) порядку.

3. *Період дозрівання* – швидке проходження один за одним, двох поділів – редукційного з утворенням сперматоцитів і овоцитів другого (2-го) порядку і еквіаційного з утворенням сперматид і овоцитид.

4. *Період формування* – у сперматид – утворення хвостика; у яйцеклітин – вторинної оболонки і багатошарового фолікулярного епітелію навколо овоцитид.

У тварин первинні жіночі і чоловічі статеві клітини (*гонії*) утворюються в період ембріонального розвитку із зародкових клітин сперматогенного та овогенного епітелію шляхом численних мітозів.

Надалі утворення чоловічих і жіночих статевих клітин набуває своїх особливостей.



Овогенез. Період розмноження (1-й період) здійснюється ще в період внутрішньоутробного розвитку. Так, наприклад, у майбутньої телиці, а потім і в корови, у 3-х місячному віці її внутрішньоутробного розвитку утворюється близько 40 тис. овоцитів 1-го порядку, які в період росту (2-й період) вкриваються клітинами фолікулярного епітелію. Після досягання організмом статеві зрілості починається період дозрівання (3-й період), під час якого відбувається мейоз овоцитів 1-го порядку. Внаслідок двох етапів мейозу з одного овоцита 1-го порядку утворюються чотири клітини, серед яких одна велика – яйцеклітина і три маленькі – полярні тільця. Завдяки полярним тільцям дозріла яйцеклітина звільняється від зайвих хромосом, а нерівномірний поділ цитоплазми забезпечує життєздатність основної яйцеклітини після запліднення.

Зріла яйцеклітина досягає діаметра 150-200 мк.

Сперматогенез. Сперматогонії також спочатку діляться мітотично, тобто розмножуються (1-й період). Після цього завдяки росту (2-й період) вони перетворюються на сперматоцити 1-го порядку з диплоїдним набором хромосом. У період дозрівання (3-й період) з кожного сперматоцита 1-го порядку внаслідок редукційного поділу мейозу утворюються два сперматоцити 2-го порядку з гаплоїдним набором хромосом. Із них після еквацийного поділу мейозу утворюються чотири гаплоїдні сперматиди, які у період формування (4-й період) перетворюються на спермії.

Сперматогенез триває у бугаїв 40 днів, середній вік спермій в еякуляті складає 70 днів. Хромосомний апарат спермія знаходиться у його головці. Її довжина складає 8 мк, ширина – 4 мк, загальна довжина спермія – 60-70 мк.

Процес запліднення включає дві фази: ***I фаза – активаційна***, проходить зустріч і контакт чоловічої гаметети з жіночою; ***II фаза – злиття*** жіночого та чоловічого ядер і утворення зиготи.

У сільськогосподарських тварин за нормальних умов запліднення моноспермічне, тобто безпосередньо в заплідненні бере участь одна чоловіча гамета. Якщо в яйцеклітину проникає більше спермій, то решта їх відіграє там фізіологічну роль і безпосередньої участі в заплідненні не приймає.

Питання для самоконтролю:

1. Які органоїди клітини відіграють вирішальну роль у забезпеченні спадковості?

2. Що таке гаплоїдний і диплоїдний набори хромосом? Назвіть диплоїдні числа хромосом у основних видів сільськогосподарських тварин.

3. Що таке каріотип і які його особливості у різних видів тварин?

4. У чому полягає генетична сутність мітозу?

5. У чому полягає генетична сутність мейозу?

6. У результаті яких процесів мейозу утворюються матеріальні передумови збільшення комбінативної мінливості?

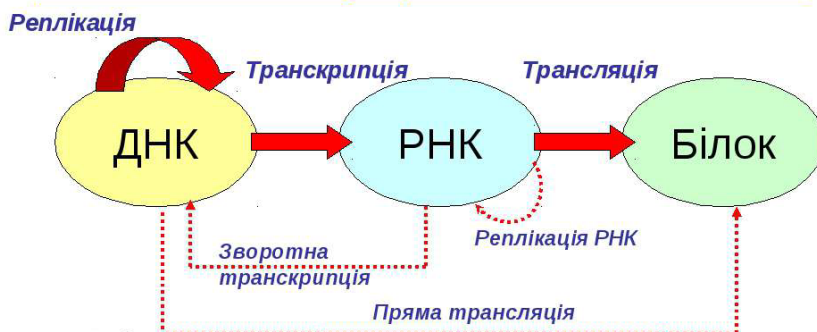
7. Яке генетичне значення запліднення?

8. У чому відмінності статевого і безстатевого розмноження?

1.3. МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВСТІ ТА МЕХАНІЗМ УСПАДКУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

1.3.1. СПАДКОВА ІНФОРМАЦІЯ, ЇЇ КОДУВАННЯ

Явище спадковості включає два процеси: процес передачі генів з одного покоління в друге та процес реалізації їх в межах даного покоління. Ознаки організму пов'язані з будовою пластичних і ферментативних білків. Утворення цих білків в процесі розвитку організму відбувається за схемою: ДНК→РНК→білок (амінокислоти).



Саме в молекулах ДНК записана інформація про план побудови білків. Ця інформація передається від батьків до дітей. Вона записана в закодованому вигляді. Послідовність нуклеотидів в молекулі ДНК, яка визначає послідовність амінокислот (АК) в молекулі білка, що синтезується, називається *генетичним кодом*.

Властивості генетичного коду:

- **Триплетність.** Кожна амінокислота кодується трійкою нуклеотидів. Триплет, який кодує одну амінокислоту, називається кодоном (РНК), або кодогеном (ДНК)

- **Виродженість.** Якщо азотистих основ, що входять до складу нуклеотидів, чотири (А,Г,Т,Ц), а кожний триплет має три нуклеотиди, то можлива кількість триплетів = 4^3 (64), тобто значно більша за мінімальну потребу. Тому більшість амінокислот кодується декількома триплетами:

6 кодонів – 3 амінокислоти (лейцин, серин, аргінін)

4 кодони – 5 амінокислот (валін, пролін, треонін, аланін, гліцин)

3 кодони – 1 амінокислота (ізолейцин)

2 кодони – 9 амінокислот (фенілаланін, тирозин, гістидин, глутамін, аспарагін, лізин, аспарагінова кислота, глутамінова кислота, цистеїн)

1 кодон – 2 амінокислоти (метіонін, триптофан).

Разом з тим, не кожний триплет, тобто кодон, кодує амінокислоту. Є три “беззмстовних” кодони: УАА (охра), УАГ (амбер), УГА (опал). Вони виконують спеціальну функцію і є стоп-сигналами (“крапками”) в момент синтезу білкової молекули, тобто це термінальні кодони, що відокремоують ген від гена.

- **Універсальність.** Генетичний код однаковий для біосинтезу білків всіх живих істот.

- **Квазідублетність.** Кодони, які кодують одну і ту ж амінокислоту, складаються з однакових двох перших нуклеотидів, а третій може бути іншим. Тобто, основне інформаційне навантаження про структуру білка несе дублет, що стоїть на початку коду. Зрозуміло, що дублетами, кількість яких = 16 (4^2), неможливо закодувати всі 20 амінокислот. Тому третій нуклеотид у кодоні несе спеціальне навантаження, уточнюючи кодон.

- **Колінеарність.** Властивість, зумовлена відповідністю між послідовністю кодонів нуклеїнових кислот та амінокислот поліпептидних ланцюгів.

- **Суворі фіксованість.** Послідовність амінокислот у білку суворо відповідає послідовності розміщення кодонів, які їх кодують, в гені.

1.3.2. МЕХАНІЗМ ПЕРЕДАЧІ СПАДКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА СИНТЕЗУ БІЛКА В КЛІТИНІ

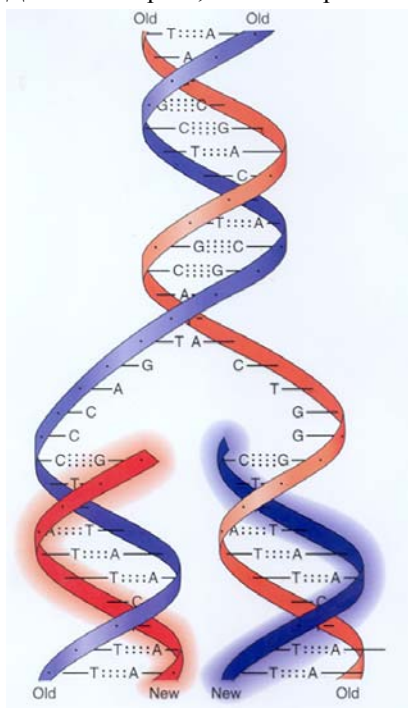
Однією з важливих функцій ДНК, яка забезпечує передачу генетичної інформації нащадкам, є реплікація.

Реплікація – це відтворення, починаючи з зиготи, ідентичних дочірніх молекул для мільярдів соматичних клітин організму.

Можливості самокопіювання молекул ДНК закладені в їх дволанцюговій структурі. Розрив водневих зв’язків між ланцюгами, який

відбувається в результаті біохімічних реакцій, веде до звільнення ланцюгів, в результаті чого утворюються два одинарні ланцюги. Потім на них синтезуються нові ланцюги, внаслідок чого виникає дві копії, ідентичні вихідній молекулі ДНК. Ідентичність забезпечується комплементарністю нуклеотидів. Реплікація відбувається за матричним типом, коли кожна з двох ниток вихідної молекули служить зразком для синтезу нової. При цьому азотисті основи з'єднуються за принципом комплементарності.

Процес реплікації ДНК повністю визначається активністю ферменту ДНК-полімерази, який контролює біохімічні реакції в ядрі клітини.



Етапи реплікації ДНК:

- 1 – розрив водневих зв'язків між ланцюгами вихідної молекули ДНК;
- 2 – утворення двох одинарних ланцюгів ДНК;
- 3 – синтез на них двох нових ланцюгів за матричним типом;
- 4 – утворення нових молекул ДНК, ідентичних вихідним.

Механізм реалізації генетичної інформації відбувається через біосинтез білка. Молекула білка має складну будову. Вона належить до полімерів. Це довгий ланцюг, у якому багато разів повторюється один і той же мономер. Мономерами білків є амінокислоти. Число амінокислот в

білковій молекулі коливається від 100 до 10 000. Молекули білків характеризуються чотирма рівнями організації. Первинна структура – це послідовність амінокислот у поліпептидному ланцюгу, вторинна – спіраль, третинна – глобула, четвертинна – об'єднання кількох поліпептидних ланцюгів.

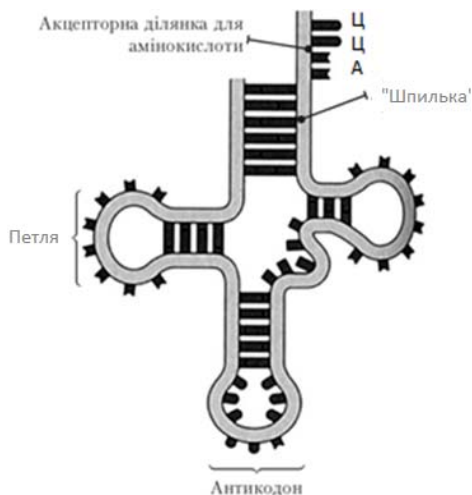
Біосинтез білка в організмі є механізмом реалізації генетичної інформації, закладеної в хромосомах клітин. Він здійснюється поетапно.



- 1 – **транскрипція** (переписування інформації з ДНК на інформаційну РНК);
- 2 – **активація амінокислот** (амінокислоти, що синтезуються клітиною, приєднуються до відповідних транспортних РНК);
- 3 – **трансляція** – власне синтез білка, включає три процеси: **ініціація** – початок синтезу; **елонгація** – подовження поліпептидного ланцюга; **термінація** – закінчення синтезу і відщеплення готового поліпептиду.

Трансляція забезпечується усіма видами РНК (рибосомальною, матричною або інформаційною, транспортною). Їх синтез відбувається на матриці ДНК за участю спеціального ферменту – РНК-полімерази. Центральне місце в трансляції належить рибосомам.

Біосинтез проходить під жорстким контролем матричних РНК, які визначають структуру білка (послідовність розміщення амінокислот). Отже, первинна структура білків обумовлена лише тією інформацією, яка міститься в матричних РНК.



Основна функція т-РНК визначається її назвою. Кількість типів т-РНК у клітині не менше 20, тобто відповідає кількості амінокислот. Молекули т-РНК мають ділянку зв'язування амінокислоти (акцепторну), на котрій містяться нуклеотиди ЦЦА. На протилежному кінці ланцюга молекули т-РНК знаходяться три нуклеотиди, які називаються **антикодоном**. Вони взаємодіють комплементарно з нуклеотидами і-РНК (кодонами), що забезпечує вбудовування амінокислоти у білкову молекулу.

1.3.3. ГЕН ТА РЕГУЛЯЦІЯ ЙОГО АКТИВНОСТІ

Сучасна біохімічна генетика характеризує ген як ділянку геномної ДНК, яка контролює певні процеси при формуванні генотипу особини.

У хімічному відношенні ген, як і ДНК, складається з нуклеотидів, яких у ньому в середньому налічується 1000-1500.

Головна функція гену – програмування синтезу ферментних та структурних білків. Мінімальною одиницею генетичної функції є **цистрон**. Цистрон – це функціональна одиниця молекули ДНК, яка відповідає класичному гену і містить інформацію для синтезу поліпептидного ланцюга.

За функцією всі гени поділяють на дві основні категорії: структурні та акцепторні (регуляторні).

Структурний ген співпадає з визначенням цистрону і контролює будову білків та ферментів.

Акцепторні (регуляторні) гени виконують функцію приєднання певних білків і ферментів, які приймають участь в реплікації, транскрипції і регуляції активності генів.

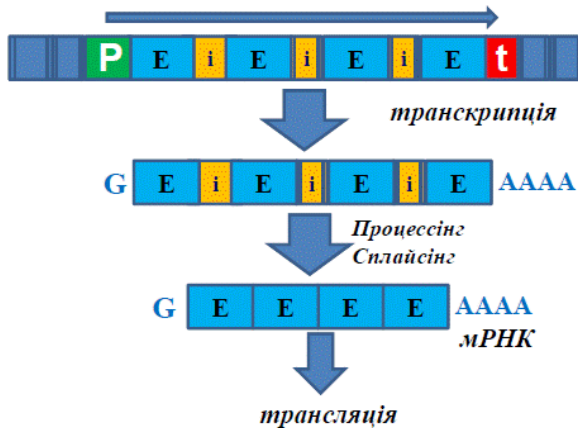
За будовою гени поділяють на постійні і непостійні. До постійних (стабільних) належить приблизно половина генів, що знаходяться в геномі. У них рідко відбуваються мутації. А якщо й відбуваються, репаративні системи (захисні, відновлюючі) виправляють ці помилки. Стабільні гени контролюють видові та подібні їм (породні, сортові) ознаки.

Інша половина генів є “непостійними”, лабільними. Лабільність генів забезпечується шляхом перестановки так званих змістовних ділянок гена (**екзони**), у котрих задована відповідна генетична інформація, і незмістовних ділянок (**інтрони**), які позбавлені інформації, що визначає структурну функцію гену.

У екзоно-інтронній структурі генів закладена важлива риса еволюції – її доцільність. Перебудовуючись стосовно запитів середовища, лабільні гени видають потрібну інформацію, змінюючи функції окремих органів і процесів.

Інформація з довгого лабільного гену зчитується у вигляді довгої молекули і-РНК, яка називається молекулою-попередником або про-і-РНК. З неї під дією спеціальних ферментів “вирізаються” інтронні ділянки, а потім “зшиваються” екзонні й утворюються зрілі молекули і-РНК, які виходять з ядра і потрапляють у полісоми, де і відбувається синтез білка.

Процес “дозрівання” і-РНК називається *процесінгом*, а вирізання інтронів і зшивання екзонів – *сплайсінгом*.



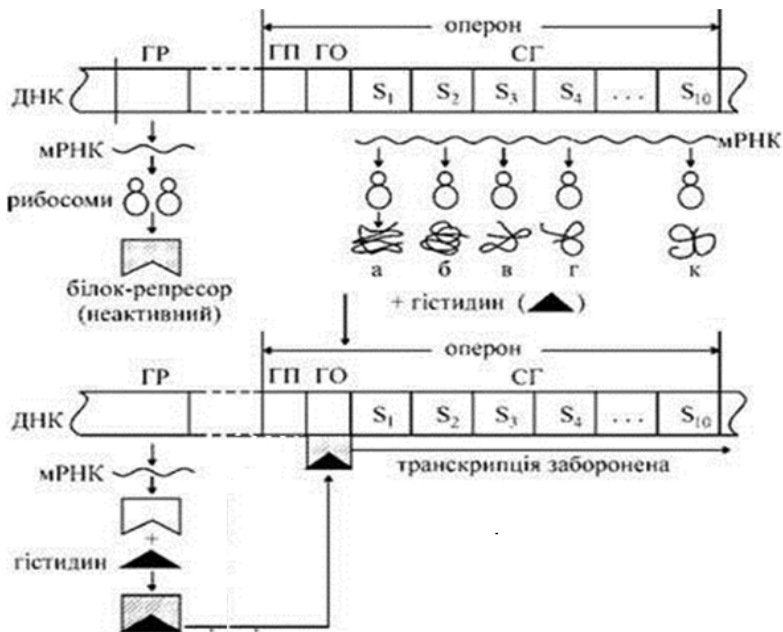
Існують так звані стрибаючі гени, або *транспозони*, здатні змінювати своє положення в хромосомі.

Механізм “тасування” всередині генів, утворення мільйонів нових генів, транспозиції якраз і визначають індивідуальність організму.

У геномі ссавців, в тому числі людини, налічується 50-100 тис. генів. У кожній клітині є механізм, який регулює активність генів, визначаючи, які гени в даний момент повинні бути активними, а яким належить знаходитися в неактивному, репресивному стані.

Механізм регуляції генетичного коду було відкрито французькими вченими Жакобом і Моно у 1961 році і названий механізмом індукції-репресії. Він забезпечує включення (індукцію) в роботу тих генів, які кодують потрібні на даному етапі життєдіяльності клітини ферменти. Їх робота припиняється (репресується), коли втрачена сировина для синтез того чи іншого білка, або потрібний для синтезу білка фермент є надлишковим.

До складу цього механізму входить ген-регулятор, ген-промотор, ген-оператор та чотири структурних гени (S₁, S₂, S₃, S₄):



Структурні гени, ген-промотор і ген-оператор становлять так званий **оперон**. Регуляція синтезу білків-ферментів здійснюється на основі індукції і репресії. **Індуктори** – це поживні речовини тваринного або рослинного походження (білки, жири, вуглеводи тощо), що надходять в організм з кормом, для розщеплення яких потрібні відповідні ферменти. **Репресор** – це активний білок, продукт гена-регулятора. Саме він керує геном-оператором, спонукаючи його до включення (при надходженні в клітину поживних речовин), або до виключення (по закінченню розщеплення поживних речовин) структурних генів, які несуть певну інформацію.

Синтез структурних (пластичних) білків відбувається аналогічно.

Однак, ген-оператор включається через взаємодію двох посередників: білка **анорепресора** (неактивного) і білка **голорепресора** (активного). Синтез припиняється, як тільки з'являється в клітині надлишок певного структурного білка.

Питання для самоконтролю:

1. Яка структура ДНК за Уотсоном і Кріком? Що лежить в основі видової специфічності ДНК?
2. Як здійснюється синтез ДНК?
3. Яка будова РНК? Як синтезується РНК?
4. Які типи РНК ви знаєте і яка їх роль у синтезі білка?
5. Що таке кодон, екзон, інтрон, ген?
6. У чому полягає сутність генетичного коду?
7. Як здійснюється реалізація спадкової інформації з гену на білок?
8. Яка будова генетичного матеріалу у еукаріот?
9. Що таке оперон?

1.4. ЗАКОНОМІРНОСТІ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ СТАТЕВОМУ РОЗМНОЖЕННІ

1.4.1. ГІБРИДОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ, ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ

Серед багатьох груп тваринних і рослинних організмів існує два способи розмноження – безстатеве (або вегетативне) і статеве.

Форми вегетативного розмноження:

- поділ (одноклітинні організми);
- брунькування (дріжджі, гриби, мохи);
- фрагментація (рослини, черв'яки);
- через вегетативні органи (цибулини, бульби, пагони, кореневі паростки);
- щеплення (рослини);
- укорінення живців (смородина, малина і т.д.).

Форми статевого розмноження:

- **ізогамія** – злиття двох однакових за формою і розмірами гамет (водорості, гриби, одноклітинні тварини);
- **анізогамія** – злиття двох рухомих, але різних за розмірами гамет (зелені водорості, мохи, папороті, деякі тварини);

- **овогамія** – злиття великої нерухомої жіночої і маленької рухомої гамети (у більшості тварин і рослин).

У генетичному відношенні потомок, який утворюється із зиготи, в ядрах клітин свого організму має по одній хромосомі від матері і від батька з кожної пари. Саме тому у потомків можна знайти ознаки обох батьків, або проміжні, і навіть нові, які виникли внаслідок взаємодії генів.

Комбінаторика спадкової речовини при утворенні гамет і зиготи майже безмежна. Тому статеве розмноження – головне джерело спадкової мінливості, яка є основою органічної еволюції і базою для селекції.

Пріоритет у справі відкриття основних закономірностей і законів успадкування ознак при статевому розмноженні належить **Грегору Менделю**.

Для своїх дослідів Мендель вибрав **22 сорти гороху**, які мали чіткі альтернативні відмінності за 7-ма ознаками: формою насіння, забарвленням сім'ядоль, забарвленням шкірки насіння, характером поверхні насінини, формою квіток та висотою рослин.

Аналітичний підхід Менделя полягав в наступному:

- в чіткому доборі схрещуваних ліній за їх однорідністю, тобто гомозиготністю. Він використовував рослини, у яких не проявлялось розщеплення упродовж 2-3 років самозапилювання;

- Мендель послідовно вивчав успадковування однієї пари конкретних ознак, а потім двох і більше;

- він застосовував статистичний метод аналізу потомків різних поколінь, вів детальні записи всіх схрещувань, підраховував кількість потомків за кожною ознакою, що дало йому змогу розкрити основні закономірності успадкування якісних ознак.

Саме Г. Мендель вперше застосував **гібридологічний аналіз**, тобто систему схрещувань і аналіз потомків.

Схрещування – це сполучення двох спадково різних статевих клітин при заплідненні.

Потомки, які народжуються від схрещування двох генетично різних особин, називають **гібридами**.

Їх позначають буквою F з цифровим індексом, який відповідає порядковому номеру гібридного покоління: F_1 – перше покоління, F_2 – друге покоління і т.д.

При написанні схеми схрещування спочатку зліва пишуть літеру P , що означає генотипи батьків (*Parents* – батьки). На першому місці записують особину жіночої статі і позначають її знаком ♀ (дзеркало Венери), а потім чоловічої статі знаком ♂ (щит і спис Марса). Між ними ставлять знак множення ($\times$), що означає схрещування.

Ознаки (гени) шифрують літерами латинського алфавіту довільно. Однак домінантну ознаку (домінантний ген) позначають завжди великою літерою, а рецесивну (рецесивний ген) – такою самою літерою, тільки маленькою.

Далі в схемі пишуть гамети, які можуть утворюватися у кожного з батьків. Їх позначають малою літерою p (або G).

Потім записують літеру F (від латинського слова *fillii* – діти) і проставляють генотипи потомків.

Окремі особини відрізняються ознаками та генами.

Ознаки – це конкретні особливості і властивості організмів, які можна вирізнити серед багатьох інших і виміряти у відповідній системі мір (**кількісні** ознаки) або описати відповідними термінами (**якісні**).

Сума ознак конкретного організму називається його фенотипом, сума генів – генотипом.

Ознаки мають багато різних варіантів, гени, що їх визначають, називаються **алелями**.

Алелі бувають **домінантні**, коли вони завжди проявляють свою дію, і **рецесивні**, коли можуть проявити себе лише в тому разі, якщо одночасно знаходяться в обох гомологічних хромосомах.

Організми, які мають в гомологічних хромосомах однакові алелі, називаються гомозиготними (AA , aa), а які різні – гетерозиготними (Aa).

Розрізняють декілька типів схрещувань: аналізуюче, зворотне, реципрокне.

1. Аналізуюче схрещування – схрещування гібридів F_1 з невідомим генотипом з особинами, гомозиготними за рецесивним геном. Мета – виявлення гетерозиготності.

P:	жовті ♀ AA	x	зелені ♂ aa	жовті ♀ Aa	x	зелені ♂ aa
Типи гамет p:	A		a	A, a		a
F1:	Aa			Aa		aa
	жовті			жовті		зелені

2. Реципрокне схрещування – схрещування гомозиготних тварин почергово: пряме – домінантних (М) з рецесивними (Б), зворотне – навпаки, рецесивних (М) з домінантними (Б):

P:	жовті ♀ AA	x	зелені ♂ aa	зелені ♀ aa	x	жовті ♂ AA
Типи гамет p:	A		a	a		A
F1:			Aa			Aa
			жовті			жовті

Реципрокні схрещування дають однакові результати за фенотипом (жовті) та генотипом (Aa) за умови, що ознака не зчеплена зі статтю.

3. Зворотне схрещування – це почергове схрещування гібридів F_1 з однією з батьківських форм – домінантною і рецесивною.

P:	жовті ♀ Aa	x	жовті ♂ AA	жовті ♀ Aa	x	зелені ♂ aa
Типи гамет p:	A, a		A	A, a		a
F2:	AA		Aa	Aa		aa
			жовті	жовті		зелені

Результати різні.

1.4.2. УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ МОНОГІБРИДНОМУ СХРЕЩУВАННІ

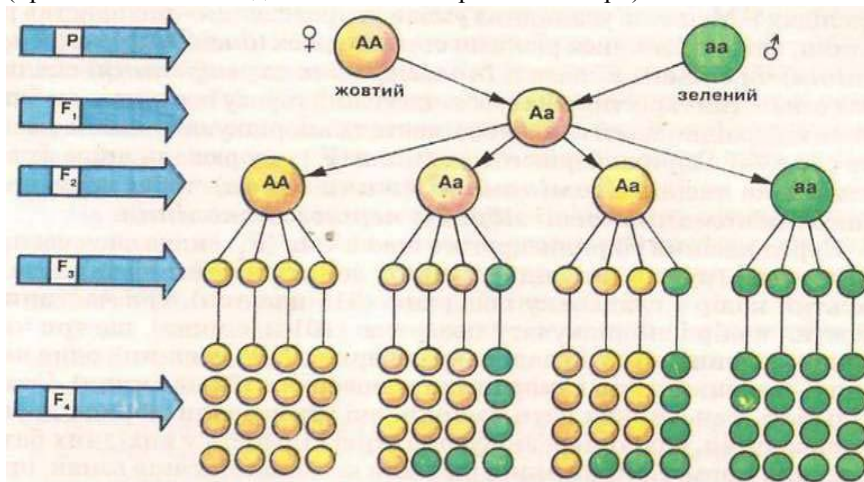
Моногібридне схрещування – це схрещування особин, які відрізняються між собою за одноєю парою ознак.

Г. Мендель, схрестивши рослини, які відрізнялися між собою за однією парою альтернативних ознак, виявив, що гібриди F_1 проявляють лише одну ознаку з альтернативної пари (жовте насіння).

Цю ознаку Мендель назвав домінантною (лат. "домінанус" – пануючий).

Протилежна ознака (зелене насіння) ніби зникає і у гібридів першого покоління не проявляється. Мендель назвав її рецесивною (лат. "рецесіс" – відступ).

На основі цього схрещування був сформульований **Перший закон Менделя** – закон одноманітності гібридів першого покоління (проявляється лише одна ознака з альтернативної пари):



$P:$ жовті ♀ AA $\times$ ♂ aa зелені
 Типи гамет $p:$ A a
 $F_1:$ Aa
 жовті

З метою подальшого вивчення явища гібридизації Г. Мендель шляхом самозапилення F_1 одержав гібриди другого покоління (F_2), у яких з'явилися ознаки обох вихідних форм – жовте і зелене насіння, причому співвідношення особин з домінантними і рецесивними ознаками було сталим, становило відповідно 3 : 1.

За результатами цих досліджень був сформульований **Другий закон Менделя** – закон розщеплення гібридів (гібриди першого покоління при подальшому розмноженні розщеплюються – у їхньому потомстві знову

з'являються особини з рецесивними ознаками, які становлять приблизно чверть усієї кількості потомків):

	жовті	жовті
$P:$	♀ Aa	х ♂ Aa
Типи гамет $p:$	A, a	A, a
$F_1:$	$1AA : 2Aa : 1aa$	
	жовті	зелені

Спостереження за гібридами F_3 показало, що гомозиготні батьківські пари, як домінантні (AA) так і рецесивні (aa), які становлять біля 50% всіх особин, не розщеплюються, тобто дають особин відповідно або лише з домінантним проявом ознаки, або з рецесивним. При самозапиленні гетерозигот (Aa) у третьому поколінні спостерігається таке ж розщеплення, як у F_2 , у співвідношенні $3 : 1 - 3/4$ з домінантною ознакою і $1/4$ з рецесивною.

Виходячи з цих досліджень, Мендель запропонував **гіпотезу чистоти гамет**, яка пізніше підтвердилась цитологічними дослідженнями. Вона говорить про те, що у гібридної особини статеві клітини чисті. Це означає, що у гібрида Aa в однаковій кількості утворюватимуться гамети з геном A (домінантний ген) та з геном a (рецесивний ген). У результаті чотирьох можливих комбінацій при заплідненні виникають поєднання: $AA + Aa + aA + aa$, або $1AA + 2Aa + 1aa$. Тобто, перші три поєднання даватимуть особин з домінантною ознакою, а четверте – з рецесивною.

Перший закон Менделя відносно однорідності першого покоління (F_1) гібридів за типом одного з батьків є безперечним за умови повного домінування ознаки. При неповному домінуванні схрещування гомозиготних домінантної AA (червона квітка) і рецесивної aa (біла квітка) форм рослини “нічна красуня” дало в першому поколінні гетерозиготну форму з рожевою квіткою. У другому поколінні (F_2) співвідношення становило: 1 червона : 2 рожевих : 1 біла.

1.4.3. УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ ДИ- ТА ПОЛІГІБРИДНОМУ СХРЕЩУВАННІ. ТРЕТІЙ ЗАКОН МЕНДЕЛЯ

Моногібридне схрещування у природі практично не зустрічається. Схрещуються, як правило, особини, які відрізняються за багатьма ознаками. Таке схрещування називається полігібридним.

Для його вивчення Мендель схрестив батьківські форми гороху, які відрізнялися за двома парами альтернативних ознак: за кольором насіння: жовте (A) – зелене (a); за його виповненістю: гладеньке (B) – зморшкувате (b).

При схрещуванні двох гомозиготних батьківських форм у першому поколінні спостерігається домінування ознак, тобто все насіння виявилось жовтим і гладеньким.

	жовте гладеньке		зелене зморшкувате
P :	♀ $AABB$	×	♂ $aabb$
Типи гамет p :	AB		ab
F_1 :	$AaBb$		
	жовте гладеньке		

При самозапиленні або схрещуванні між собою гібридів F_1 відбулося розщеплення за фенотипом і генотипом:

♀/♂	AB	Ab	aB	ab
AB	$AABB$	$AABb$	$AaBB$	$AaBb$
Ab	$AABb$	$Aabb$	$AaBb$	$Aabb$
aB	$AaBB$	$AaBb$	$aaBB$	$aaBb$
ab	$AaBb$	$Aabb$	$aaBb$	$aabb$

Розщеплення за фенотипом: 9 – з жовтим гладеньким насінням; 3 – з жовтим зморшкуватим; 3 – з зеленим гладеньким; 1 – з зеленим зморшкуватим.

Розщеплення за генотипом:

$1AABB + 2AABb + 2AaBB + 1Aabb + 4AaBb + 2Aabb + 1aaBB + 2aaBb + 1aabb$

Якщо розглянути співвідношення фенотипів F_2 окремо за кожною ознакою, то воно буде аналогічним моногібридному схрещуванню: відношення кількості жовтих насінин (A) до зелених (a) дорівнює 12:4 (3:1), гладеньких (B) до зморшкуватих (b) – те ж.

Отже, дигібридне розщеплення можна розглядати, по суті, як два незалежних моногібридних, які ніби накладаються одне на одне, що можна подати алгебраїчно як квадрат двочлена:

$$(3+1)^2=3^2+2 \times 3+1^2=9+3+3+1$$

Виходячи з одержаних результатів, Мендель установив **третій закон – незалежного розподілу генів**. Згідно з цим законом, розщеплення за кожною парою ознак відбувається незалежно від інших ознак.

Схрещування батьківських типів, які відрізняються за трьома і більшою кількістю пар генів з повним домінуванням, принципово не відрізняється від дигібридного. Таке полігібридне схрещування підпорядковане тим же законам розщеплення і незалежного по кожній парі генів розподілу.

Використовуючи закономірності успадкування та статистичні методи, можна точно визначити кількість можливих комбінацій генотипів при різній кількості пар генів:

Кількість				
пар генів	типів гамет	можливих комбінацій	генотипів в F_2	фенотипів в F_2
1	2	4	3	2
2	4	16	9	4
3	8	64	27	8
4	16	256	81	16
5	32	1024	243	32
10	1024	1048576	59049	1024
n	2ⁿ	4ⁿ	3ⁿ	2ⁿ

З наведених даних видно, що із збільшенням пар генів кількість можливих комбінацій швидко зростає.

Враховуючи те, що більшість сільськогосподарських тварин мають сотні пар алелів, які за рахунок розщеплення та незалежних поєднань генів дають гігантську рекомбінаційну спадкову мінливість, кожна тварина характеризується унікальним неповторним генотипом.

Питання для самоконтролю:

1. Які основні принципи гібридологічного аналізу?
2. Яке схрещування називається моногібридним?

3. Що таке гомозиготність і гетерозиготність?
4. Що розуміється під реципрокним і аналізуючим схрещуванням?
5. Які закони успадкування ознак сформулював Г. Мендель?
6. Що таке домінантність і рецесивність?
7. Які відомі типи домінування?
8. Яке схрещування називається дигібридним?
9. Як можна спрогнозувати результати полігібридних схрещувань?

1.5. ТИПИ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК, ЗУМОВЛЕНІ ДІЄЮ ТА ВЗАЄМОДІЄЮ ГЕНІВ

1.5.1. ТИПИ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ АЛЕЛЬНИМИ ГЕНАМИ ОДНОГО ЛОКУСА

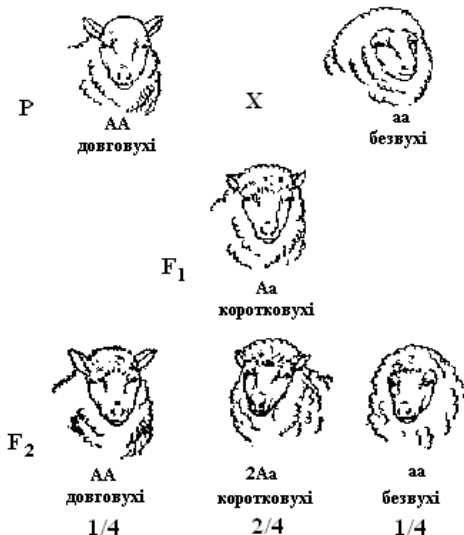
Повне домінування – гомозиготні та гетерозиготні особини за домінантним геном характеризуються однаковим фенотипом $AA = Aa$

Так відбувається успадкування чорної і червоної масті у великої рогатої худоби.

Проміжне успадкування – гетерозигота займає проміжне положення між двома гомозиготами $Aa = (AA + aa) / 2$

Так, при схрещуванні безвухих вівцематок та баранів з нормально розвинутими вухами одержують коротковухе потомство.

Успадкування довжини вушиної раковини у овець



При схрещуванні рослин нічної красуні особини з червоними і білими квітками дають в потомстві рослин з рожевими квітками.

Неповне домінування – гетерозигота більше схожа на домінантного батька, ніж на рецесивного $AA>Aa>(AA+aa)/2$

Таким чином успадковується строкатість у чорно-рябій худоби: від парування тварин однорідної чорної масті з строкатими у першому поколінні отримують особин з невеликою кількістю білих плям в області живота і біля вим'я.

Наддомінування – у гібридів першого покоління спостерігається більший розвиток ознаки, ніж у вихідних батьківських форм $Aa>AA>aa$

Більшість дослідників пояснюють це явище тим, що при наддомінуванні домінантний ген в одинарній порції (гетерозигота) діє більш сприятливо на розвиток ознаки, ніж у подвійній (гомозигота).

Вважають, що наддомінування є основою гетерозису. Гетерозис, “гібридна сила” – явище підвищеної життєздатності і продуктивності гібридів порівняно з вихідними батьківськими формами. Він максимально проявляється у гібридів першого покоління, а в наступних поступово згасає. Гетерозис використовують для одержання гібридного насіння кукурудзи та кросів птиці, їх продуктивність зростає на 10-30 %.

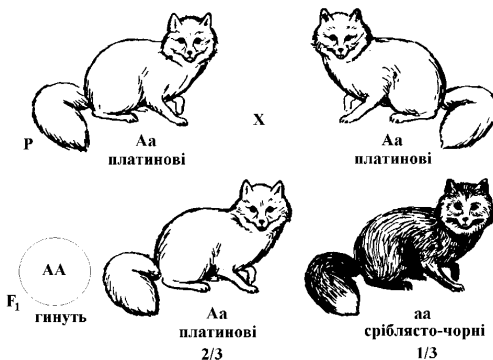
Кодомінування – у гібридів першого покоління проявляються ознаки обох предків, тобто жоден ген не домінує. Так, при схрещуванні великої рогатої худоби шортгорнської породи білої і червоної масті народжується гетерозиготний молодняк чалої масті, яка являє собою суміш білого і червоного волосся. За типом кодомінування успадковуються групи крові та поліморфні системи білків і ферментів людини і тварин.

Летальні гени – обумовлюють загибель організму. Можуть бути як рецесивними, так і домінантними. Часто домінантний ген летальний лише в гомозиготному стані.

Наприклад, при схрещуванні гетеризоготних сірих овець (Aa) з такими ж баранами каракульської породи 25% ягнят сірої масті (ширазі), гомозиготних за домінантним геном сірого кольору (AA), гинуть від хронічної темпанії (здуття живота) при переході на грубі корми.

При схрещуванні гетерозиготних платинових лисиць ще в ембріональному віці гинуть домінантні гомозиготи.

Успадкування платинового забарвлення у лисиць

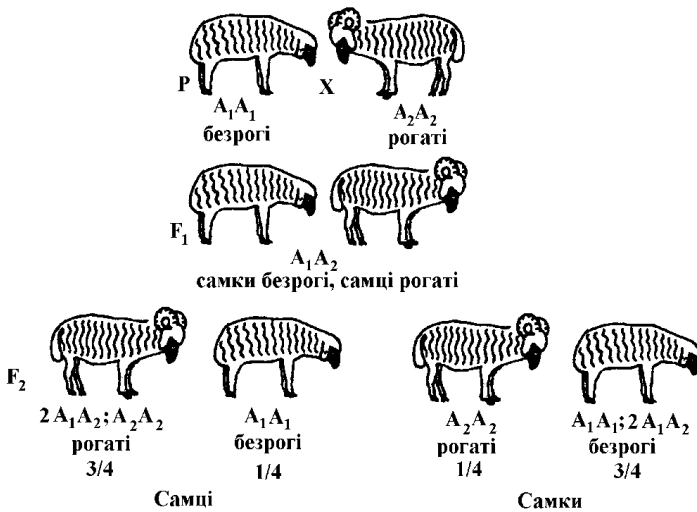


Селекційна практика не раз зустрічалась з плідниками-носіями летальних генів. Зокрема, бугай голландської породи Принц виявився носієм летального гену безшерстості. Для виявлення летальних генів рекомендують проводити спеціальну перевірку плідників за якістю нащадків, осіменяючи їх спермою власних дочок з метою переведу летального гену у гомозиготний стан. Наразі у великій рогатій худоби виявлено 46 летальних генів, коней – 10, свиней – 18, овець – 15, курей – 45, індиків – 6, качок – 3.

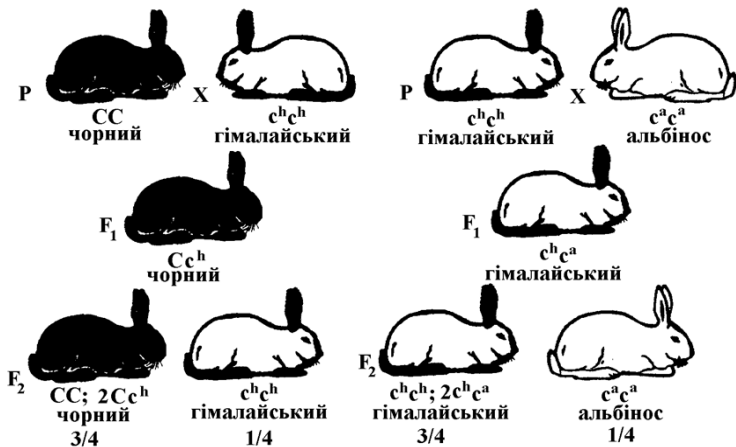
Плейотропна дія генів – вплив одного гена одночасно на декілька ознак. Так, вищезгаданий ген сірої масті каракульських овець (*A*) викликає в гомозиготному стані, крім сірого забарвлення вовни, загибель ягнят у 2-х місячному віці при вживанні грубого корму. Щоб уникнути втрат, сірих овець потрібно схрещувати лише з чорними баранами (*Aa* x *aa*). Багато генів, які детермінують розвиток нейтральних ознак, одночасно знижують життєздатність організму. Так, захворювання мелано-саркомою зустрічається переважно у коней сірої масті.

Домінування, залежне від статі – домінування однієї ознаки над іншою буде залежати від того, хто має ці ознаки – самець чи самка. Наприклад, барани у більшості випадків рогаті, а самки комолі – безрогі. Якщо схрестити гомозиготну комолу вівцю з гомозиготним рогатим бараном, то в першому поколінні всі баранчики рогаті (домінантна ознака у самців), а ярочки комолі (у самок комолість домінує над рогатістю).

Приклад – успадкування наявності рогів у овець (*A*₁ – безрогість; *A*₂ – рогатість).



Множинний алелізм – виникає, коли гени перебувають більш ніж у двох алельних станах. Це призводить до виникнення у потомстві різних фенотипів, які займають проміжне положення за вираженістю ознаки між фенотипами батьків.



Успадкування кольору шерсті у кролів

C – чорний (рівномірний розподіл пігменту по волосині); c^{ch} – шиншила; c^h – гімалайський; c^a – альбінос ($C > c^{ch} > c^h > c^a$).

1.5.2. ТИПИ ВЗАЄМОДІЇ НЕАЛЕЛЬНИХ ГЕНІВ

Розвиток ознак організму перебуває під контролем багатьох генів, які знаходяться в різних локусах і взаємодіють між собою. При будь-якій взаємодії генів успадкування ознак відбувається у суворій відповідності з установленими Менделем правилами: тобто співвідношення генотипів залишається однаковим, змінюється лише характер розщеплення за фенотипом.

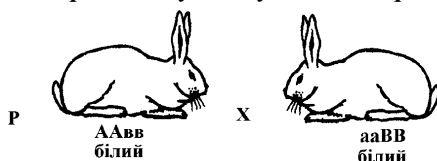
Основними типами взаємодії неалельних генів є наступні: комплементарність, епістаз, полімерія, модифікація.

Типи взаємодії неалельних генів:

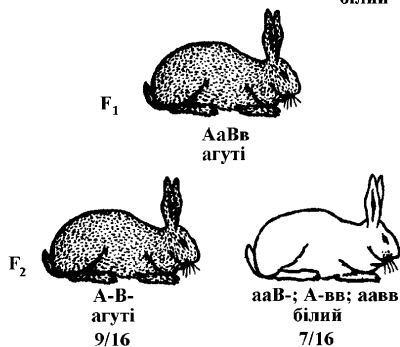
1. Комплементарність (різновид – новоутворення)
2. Епістаз (домінантний і рецесивний)
3. Полімерія (кумулятивна і некумулятивна)
4. Модифікація

Комплементарність (або доповнююча дія генів). Якщо ознаку детермінують два домінантні неалельні гени, кожен з яких не має самостійного прояву, то такі гени називаються комплементарними. У визначенні фенотипового ефекту дія кожного з них доповнює дію другого.

Приклад – успадкування забарвлення хутра у кролів



$A - B$ – забарвлені (масть агуті) ;
 $A - bb$, $aa B -$, $aabb$ білі .



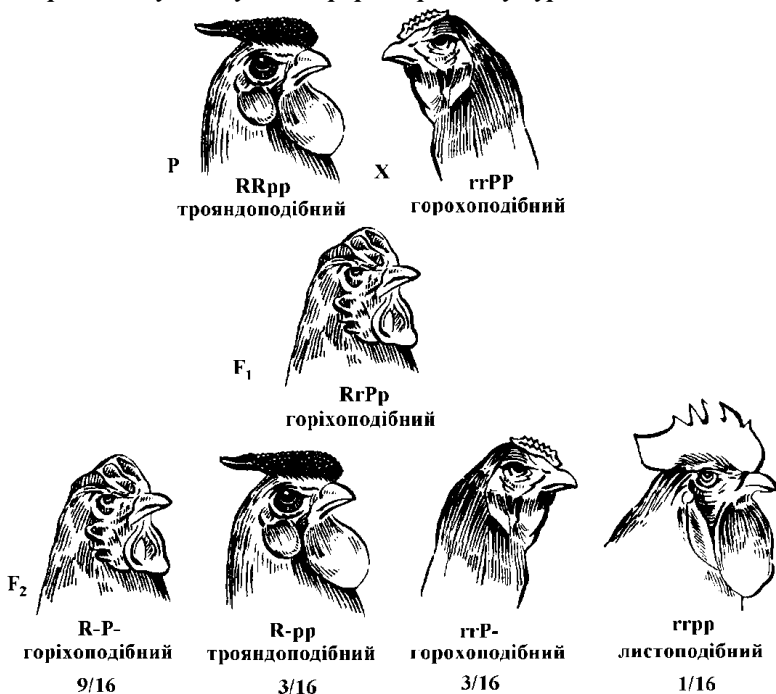
F_2

♀/♂	AB	Aв	aB	ав
AB	AABB	AABв	AaBB	AaBв
Aв	AABв	AAвв	AaBв	Aавв
aB	AaBB	AaBв	aaBB	aaBв
ав	AaBв	Aавв	aaBв	аавв

Співвідношення 9 : 7

Новоутворення – різновид комплементарності. Це коли при поєднанні неалельних домінантних генів в одному організмі розвивається нова ознака.

Приклад – успадкування форми гребеня у курей



F₂

R – трояндоподібний гребінь;

P – горохоподібний;

R – P – горіхоподібний;

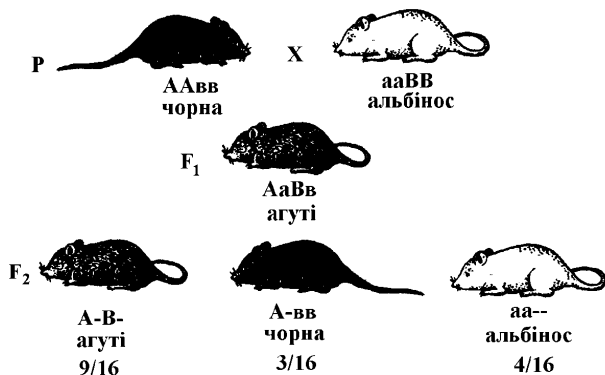
rr pp – листоподібний (простий).

♀ \ ♂	RP	Rp	rP	rp
RP	RRPP	RRPp	RrPP	RrPp
Rp	RRPp	RRpp	RrPp	Rrpp
rP	RrPP	RrPp	rrPP	rrPp
rp	RrPp	Rrpp	rrPp	rrpp

Співвідношення 9 : 3 : 3 : 1

Криптомерія (або рецесивний епістаз). Існують рецесивні гени, які негативно впливають на здатність організму синтезувати певну речовину. У гетерозиготному стані фенотипово не проявляються. Класичним прикладом цього явища є альбінізм, при якому організм не здатний утворювати пігмент навіть у райдужній оболонці ока.

Приклад – успадкування кольору шерсті у мишей



A – наявність пігменту;
a – відсутність пігменту (альбіноси);
B – нерівномірний розподіл пігменту по волосині (агуті);
b – рівномірний розподіл пігменту по волосині (чорні).

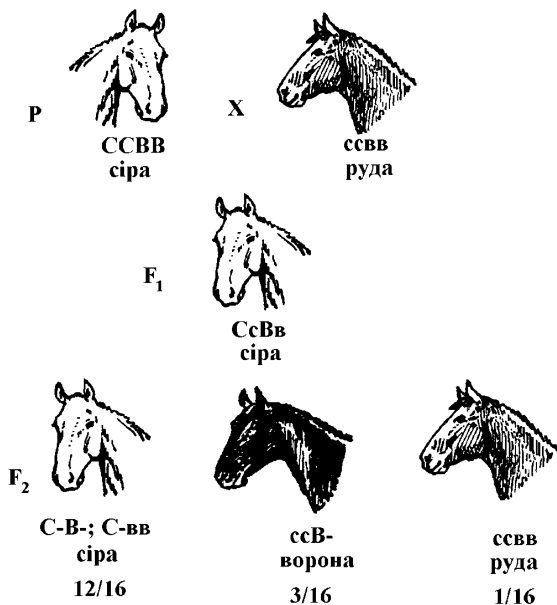
F₂

♀/♂	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Співвідношення
9 : 3 : 4

Епістаз (домінантний) – це взаємодія, при якій алель одного з генів пригнічує дію алеля інших генів, тобто $A > B$ або $B > A$, $a > B$ або $b > A$. Гени, які пригнічують дію інших генів, називаються епістатичними або супресорами. Протилежні гени, дія яких пригнічується, називається гіпостатичними.

Приклад – успадкування сірої масті у коней



C – сіра масть, ген-супресор, подавляє всі інші масті;
B – чорна масть;
b – руда.

F₂

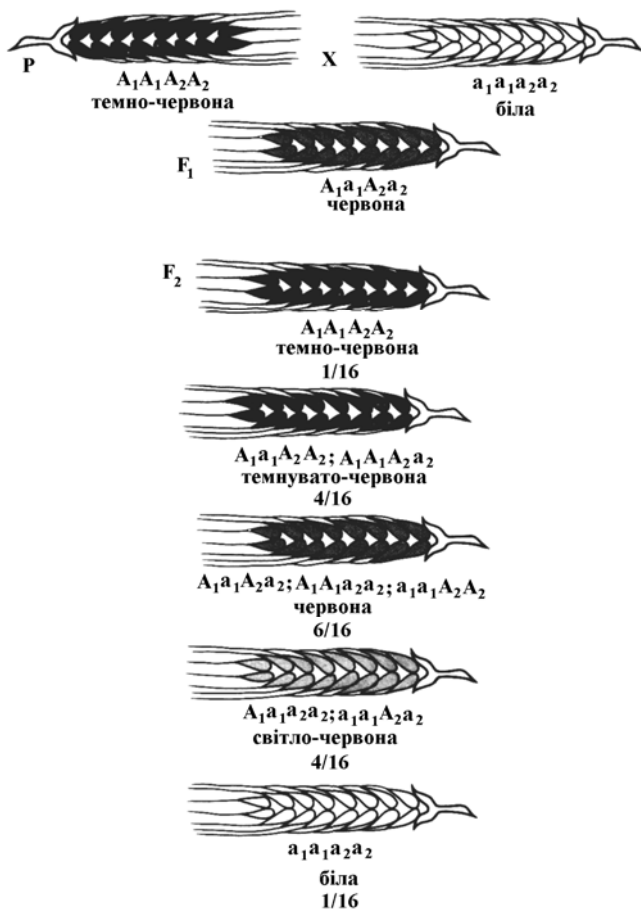
♀ \ ♂	<i>CB</i>	<i>Cb</i>	<i>cB</i>	<i>cb</i>
<i>CB</i>	<i>CCBB</i>	<i>CCBb</i>	<i>CcBB</i>	<i>CcBb</i>
<i>Cb</i>	<i>CCBb</i>	<i>CCbb</i>	<i>CcBb</i>	<i>Ccbb</i>
<i>cB</i>	<i>CcBB</i>	<i>CcBb</i>	<i>ccBB</i>	<i>ccBb</i>
<i>cb</i>	<i>CcBb</i>	<i>Ccbb</i>	<i>ccBb</i>	<i>ccbb</i>

Співвідношення
12 : 3 : 1

Полімерія – на одну ознаку діють декілька пар неалельних генів. Це найважливіша форма взаємодії генів, оскільки з нею пов'язане успадкування кількісних ознак. Вперше цей тип взаємодії був встановлений Г. Нільсоном-Еле на вівсі та пшениці.

Кумулятивна полімерія – ступінь прояву ознаки залежить від кількості домінуючих генів у генотипі.

Приклад – успадкування забарвлення зерен пшениці



A_1, A_2 – червона;
 a_1, a_2 – біла.

Розщеплення в F₂: $1A_1A_1A_2A_2 : (2A_1a_1A_2A_2 + 2A_1A_1A_2a_2) : (1A_1A_1a_2a_2 + 1a_1a_1A_2A_2 + 4A_1a_1A_2a_2) : (2A_1a_1a_2a_2 + 2a_1a_1A_2a_2) : 1a_1a_1a_2a_2$ (**1 : 4 : 6 : 4 : 1**)

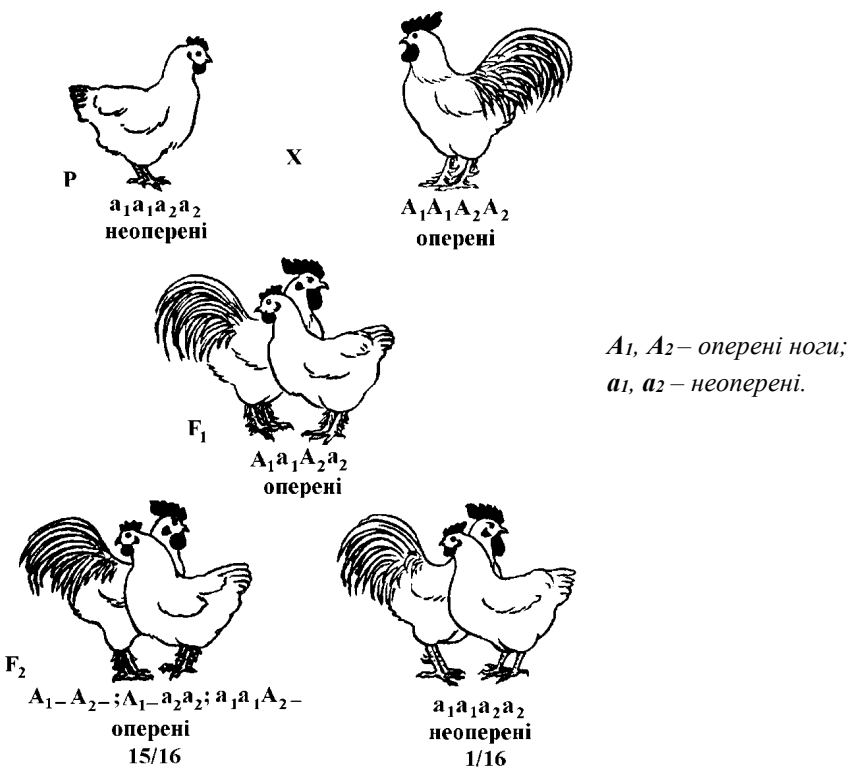
У однієї рослини зерна були червоні, другої – білі, у решти 14-ти – проміжного забарвлення різної інтенсивності.

F_2 :

$\text{♀} \backslash \text{♂}$	A_1A_2	A_1a_2	a_1A_2	a_1a_2
A_1A_2	$A_1A_1A_2A_2$	$A_1A_1A_2a_2$	$A_1a_1A_2A_2$	$A_1a_1A_2a_2$
A_1a_2	$A_1A_1A_2a_2$	$A_1A_1a_2a_2$	$A_1a_1A_2a_2$	$A_1a_1a_2a_2$
a_1A_2	$A_1a_1A_2A_2$	$A_1a_1A_2a_2$	$a_1a_1A_2A_2$	$a_1a_1A_2a_2$
a_1a_2	$A_1a_1A_2a_2$	$A_1a_1a_2a_2$	$a_1a_1A_2a_2$	$a_1a_1a_2a_2$

Некумулятивна полімерія – ступінь прояву ознаки не залежить від кількості домінантних генів у генотипі.

Приклад – успадкування оперення ніг у курей



$F_2:$

$\text{♀} \backslash \text{♂}$	A_1A_2	A_1a_2	a_1A_2	a_1a_2
A_1A_2	$A_1A_1A_2A_2$	$A_1A_1A_2a_2$	$A_1a_1A_2A_2$	$A_1a_1A_2a_2$
A_1a_2	$A_1A_1A_2a_2$	$A_1A_1a_2a_2$	$A_1a_1A_2a_2$	$A_1a_1a_2a_2$
a_1A_2	$A_1a_1A_2A_2$	$A_1a_1A_2a_2$	$a_1a_1A_2A_2$	$a_1a_1A_2a_2$
a_1a_2	$A_1a_1A_2a_2$	$A_1a_1a_2a_2$	$a_1a_1A_2a_2$	$a_1a_1a_2a_2$

Розщеплення в F₂: ($9A_1-A_2-$ + $3A_1-a_2a_2$ + $3a_1a_1A_2-$) : $1a_1a_1a_2a_2$ (**15 : 1**)
оперені неоперені

Модифікуюча дія генів. Генами-модфікаторами називають специфічні гени, які посилюють або послаблюють дію основного гену, що впливає на розвиток певної ознаки.

Прикладом дії генів-модифікаторів може служити варіація білої плямистості айрширів або голштинів. Обидві породи гомозиготні за геном, який визначає виникнення білої плямистості, але гени-модифікатори спричиняють варіацію прояву плямистості від майже суцільної пігментації усього тулубу до майже повної її відсутності.



▲



Б

A – поширення білої плямистості на верхній частині тіла;

B – поширення білої плямистості на нижній частині тіла.

Питання для самоконтролю:

1. Які ви знаєте типи взаємодії алелів цих генів?
2. Що таке проміжне успадкування?
3. За яким типом успадковуються групи крові у тварин?
4. Що таке множинний алелізм?
5. Що таке летальні гени і яка їхня дія?
6. Які ви знаєте типи взаємодії неалельних генів?
7. Що таке комплементарна дія генів?
8. Як діють епістатичні та гіпостатичні гени?
9. Полімерна дія генів і її значення для селекції тварин?
10. Які гени називаються модифікаторами?

1.6. ХРОМОСОМНА ТЕОРІЯ СПАДКОВСТІ

1.6.1. ЗЧЕПЛЕННЯ ГЕНІВ В ХРОМОСОМІ

Геном тварин і рослин складається з тисяч та навіть сотень тисяч генів. Але кількість пар хромосом у різних видів порівняно невелика. Наприклад: кукурудза – 500 генів, 10 пар хромосом; дрізофіла – 1000 і 4; людина – 50-100 тис. і 23.

Гени, що знаходяться в одній хромосомі, називаються зчепленими й утворюють групу зчеплення.

Кількість груп зчеплення відповідає гаплоїдному набору хромосом конкретного виду тварин або рослин. Зчеплені гени успадковуються групами і не підпорядковуються третьому закону Менделя, який базується на незалежному комбінуванні генів.

Зчеплення буває повним або неповним. Під повним зчепленням розуміють відсутність можливості переміщення генів з однієї хромосоми в іншу. При цьому гени успадковуються за типом моногібридного схрещування.

Повне зчеплення зустрічається дуже рідко: у самок тутового шовкопряда, у самців дрізофіли.

Форма запису генотипів:

Зчеплені гени: $\frac{AB}{AB}$; $\frac{AB}{a\epsilon}$; $\frac{ab}{a\epsilon}$ або $ABAB$, $A\epsilon a\epsilon$, $a\epsilon a\epsilon$

Незчеплені: $\frac{A}{A} \frac{B}{B}$; $\frac{A}{a} \frac{B}{\epsilon}$; $\frac{a}{a} \frac{b}{\epsilon}$ або $AABB$, $AaB\epsilon$, $aa\epsilon\epsilon$

Схема схрещування:

P:

Типи гамет p:

F₁

♀ $\frac{AB}{AB}$	х	♂ $\frac{ab}{a\epsilon}$
$\frac{AB}{a\epsilon}$		

F₂

♀ $\frac{AB}{a\epsilon}$	х	♂ $\frac{AB}{a\epsilon}$
$\frac{AB}{a\epsilon}$		
$\frac{AB}{AB}$	$\frac{AB}{a\epsilon}$	$\frac{AB}{a\epsilon}$
$\frac{AB}{a\epsilon}$	$\frac{AB}{a\epsilon}$	$\frac{ab}{a\epsilon}$

Співвідношення: за фенотипом $3/4 [AB] : 1/4 [a\epsilon]$ 3 : 1
за генотипом $1 ABAB : 2 ABa\epsilon : 1 a\epsilon a\epsilon$ 1 : 2 : 1

Отже, при схрещуванні особин із зчепленими двома генами в F_2 утворюються два фенотипових класи у співвідношенні 3 : 1 (при повному домінуванні) і три генотипових класи у співвідношенні 1 : 2 : 1. Аналогічна картина спостерігається при будь-якій кількості зчеплених генів, розмішених в одній хромосомі. Наприклад, при схрещуванні особин з трьома генами, співвідношення в F_2 :

за фенотипом	3/4 [ABC] : 1/4 [abc]	3 : 1
за генотипом	1 ABCABC : 2 ABCabc : 1 abcabc	1 : 2 : 1

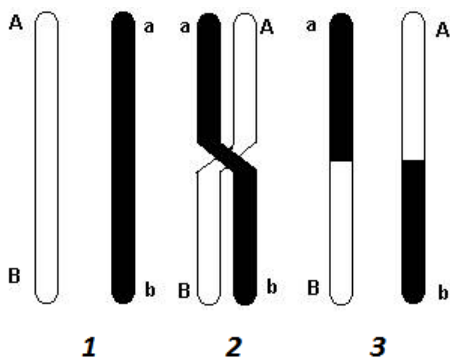
Тобто, успадкування відбувається за принципом моногібридного схрещування.

1.6.2. КРОСИНГОВЕР

У більшості видів зчеплення генів неповне, причиною чого є **кросингвер** (перехрест), який немовби “тасує” гени в межах кожної пари гомологічних хромосом.

Кросингвер відбувається при першому мейотичному поділі в профазі I, на стадії пахітени, тобто тетради із чотирьох хроматид (дочірніх хромосом).

Перекомбінація генів, яка відбувається при кросингвері, призводить до підвищення генотипової і фенотипової мінливості.

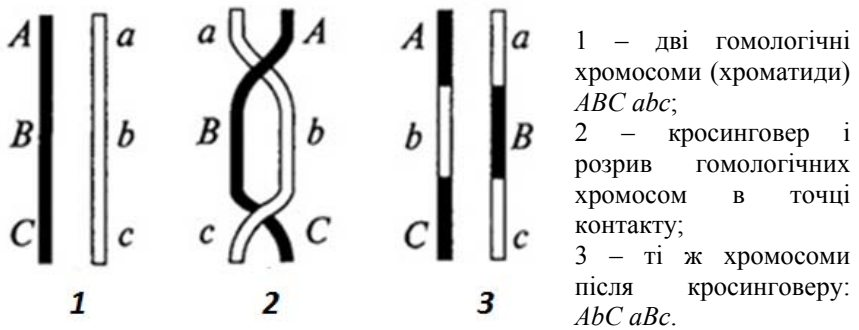


- 1 – дві гомологічні хромосоми (хроматиди) $AB\ ab$;
- 2 – кросингвер і розрив гомологічних хромосом в точці контакту;
- 3 – ті ж хромосоми після кросингверу: $aB\ Ab$.

Одинарний кросингвер

Кросинговер призводить до утворення в F_2 не двох фенотипових класів (як за повного зчеплення), а чотирьох, як за звичайного дигібридного схрещування.

Кросинговер може відбуватися одночасно в 1, 2-х або декількох точках (одинарний, подвійний, потрійний і т.д.). Він здійснюється шляхом обміну ділянками між парами хроматид.



Подвійний кросинговер

Відображенням кросинговеру є видимі в наступній стадії (диплотені) перехрести або **хіази** хромосом.

Гамети і особи з новими поєднаннями ознак, які з'явилися в результаті кросинговеру, називаються **кросоверами**.

Чим далі розміщені в хромосомі гени один від одного, тим менша сила зчеплення і тим частіше між ними відбувається кросинговер.

Частота кросинговеру визначається у відсотках і показує віддаль між генами.

Частота кросинговеру = $n_1 / n \times 100$, де n_1 – кількість кросоверів, n – загальна кількість нащадків.

За одиницю віддалі (перехресту) прийнято 1% кросинговеру. Ця одиниця названа **морганідою** (на честь автора теорії кросинговеру Моргана).

1.6.3. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ ГЕНІВ

Щоб визначити наявність зчеплення, проводять аналізуюче дигібридне схрещування.

При незалежному успадкуванні генів утворюються 4 фенотипових класи у співвідношенні 1: 1 : 1 : 1.

P:

♀ <i>AaBb</i>	×	♂ <i>aabb</i>	
<i>p AB</i>	<i>ab</i>	<i>AaBb</i>	25 %
<i>Ab</i>		<i>Aabb</i>	25 %
<i>aB</i>		<i>aaBb</i>	25 %
<i>ab</i>		<i>aabb</i>	25 %

При повному зчепленні генів утворюються 2 фенотипових класи.

P:

♀ <i>ABab</i>	×	♂ <i>abab</i>	
<i>p AB</i>	<i>ab</i>	<i>ABab</i>	50 %
<i>ab</i>		<i>abab</i>	50 %

4 фенотипових класи і нерівномірне розщеплення свідчить про те, що гени зчеплені, але між ними відбувається кросинговер.

<i>P:</i>	♀ <i>ABab</i>	x	♂ <i>abab</i>	
<i>Гамети некросоверні</i>	<i>AB</i>	<i>ab</i>	<i>ABab</i>	41,5 %
	<i>ab</i>		<i>abab</i>	41,5 %
<i>Гамети кросоверні</i>	<i>Ab</i>		<i>Abab</i>	8,5 %
	<i>aB</i>		<i>aBab</i>	8,5 %

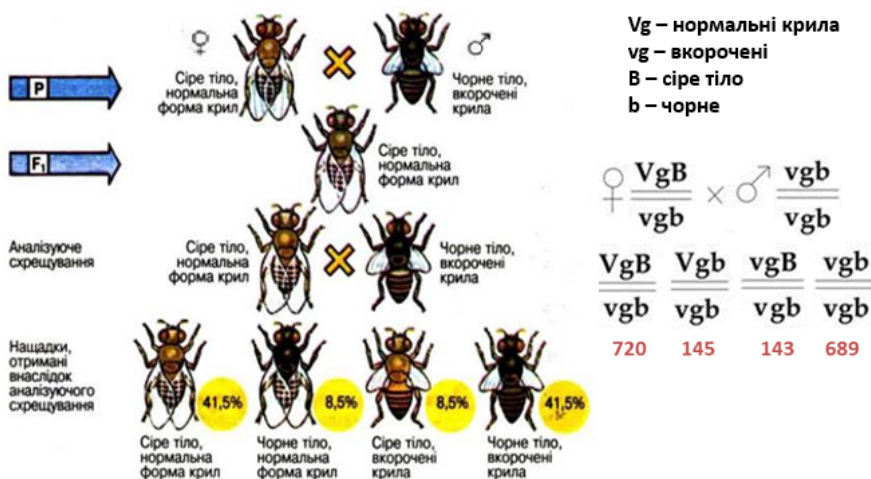
Класичний приклад Т. Моргана – схрещування форм мухи-дрозофіли з сірим тілом (*B*) та нормальними крилами (*Vg*) (домінантні ознаки) та чорним тілом (*b*) і укороченими крилами (*vg*) (рецесивні ознаки).

При зчепленні отримано чотири фенотипових класи, але з різним співвідношенням. За результатами аналізуючого схрещування можна визначити процент кросинговеру (частоту кросинговеру):

$$ЧК = \frac{n_1}{n} = \frac{288}{1697} \times 100 = 17\%$$

Без перехресту нащадків – 83 %, з перехрестом – 17 %.

Завжди утворюється більше некросоверних гамет (*VgB* і *vgb*), тому що на утворення їх витрачається значно менше часу, ніж на утворення кросоверних (*Vgb* і *vgB*).



Класичний приклад Т. Моргана

Результати проведеного аналізуючого схрещування свідчать про наступне: *по-перше*, оскільки одержане розщеплення виявилось нерівномірним, то це означає, що гени зазначених ознак зчеплені; *по-друге*, нерівномірне розщеплення залежить від різної кількості гамет, що утворюються.

1.6.4. КАРТУВАННЯ ХРОМОСОМ

Процес визначення послідовності розміщення генів у кожній хромосомі називається **картуванням хромосом**.

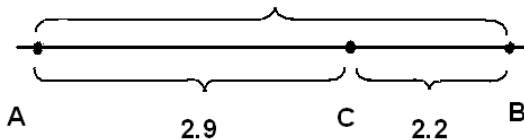
Дослідження Т. Моргана та його учнів показали, що величина кросинговеру залежить від відстані між генами і вона досить постійна. Це дозволяє за допомогою аналізуючих схрещувань розставити гени в такому порядку, в якому вони знаходяться в хромосомі, тобто скласти хромосомні карти.

Принцип такий: якщо, наприклад, встановлено, що кросинговер між генами *A* і *B* = 3,6%, між генами *A* і *C* = 2%, між генами *A* і *D* = 5%, між генами *A* і *E* = 4%, то гени в хромосомі розміщені в такій послідовності: **АСВЕД**.

Тобто, чим менший процент кросинговеру між геном A й іншими генами, тим ближче вони знаходяться до нього.

На основі вивчення кросинговеру учень Т. Моргана Стертевант сформулював положення, що гени в хромосомі розміщені в лінійній послідовності. Для цього він визначив кросинговер між трьома генами (A , C , B) і встановив, що величина кросинговеру між крайніми генами AB дорівнює сумі процентів кросинговеру між відрізками AC і CB , тобто $AB=AC+CB$, а між генами $AC=AB-CB$, між генами $CB=AB-AC$. Це відповідає геометричній закономірності щодо відстані між трьома точками на одній прямій, так званому закону адитивності.

5.1



Картування хромосом

Етапи складання карт хромосом:

- Ідентифікація (нумерація) кожної пари хромосом.
- Визначення локалізації групи зчеплення генів в конкретній парі гомологічних хромосом. Для цього застосовують аналізуюче схрещування дигетерозигот F_1 з гомозиготним рецесивним аналізатором (самцем).
- Визначення послідовності та місцезнаходження кожного гена в хромосомі, користуючись зазначеними вище закономірностями.

Основні положення хромосомної теорії спадковості, сформульованої Т. Морганом:

- гени в хромосомах розміщені лінійно на конкретній відстані один від одного;
- гени, які знаходяться в одній хромосомі, утворюють групу зчеплення, кількість таких груп = гаплоїдному набору хромосом;
- ознаки, гени яких знаходяться в одній хромосомі, успадковуються зчеплено;

- повному зчепленню генів заважає кросинговер, завдяки якому утворюються нові поєднання генів у поколінні;
- частота кросинговеру, що визначається відношенням кросоверних особин до загальної кількості потомків, залежить від відстані між генами;
- використовуючи закон адитивності, на якому базується закономірність лінійного розміщення генів в хромосомах, і враховуючи частоту кросинговеру як показника відстані між окремими генами, можна побудувати карти розміщення генів у хромосомі.

Питання для самоконтролю:

1. Що означає зчеплення генів? Які ознаки називаються зчепленими?
2. Що таке «група зчеплення»? Яка кількість груп зчеплення у різних видів с.-г. тварин?
3. Що є причиною порушення зчеплення між ознаками?
4. У яких одиницях вимірюється відстань між генами в хромосомі?
5. Як визначається частота перехресту між двома генами, локалізованими в одній хромосомі?
6. Сформулюйте основні положення хромосомної теорії спадковості.

1.7. ГЕНЕТИКА СТАТІ

1.7.1. МЕХАНІЗМ ХРОМОСОМНОГО ВИЗНАЧЕННЯ СТАТІ

Стать – сукупність ознак і властивостей організму, що забезпечує його участь у відтворенні і передачі спадкової інформації внаслідок утворення гамет.

Шляхи формування особин певної статі:

- **Прогамний** – обумовлений різницею розмірів яйцеклітин: з дрібних яйцеклітин розвиваються самці, з великих – самки. Коловертки, тля, морські черви. Стать визначає лише самка.
- **Сингамний** – обумовлений поєднанням статевих хромосом (X чи Y, Z чи W) при заплідненні (ссавці, птахи, риби, двокрилі комахи тощо).
- **Епігамний** – обумовлений характером наступних стадій розвитку організму після запліднення. Приклад – морський черв'як бонелія: якщо

личинка вільно плаває у морській воді – самка, якщо прикріплюється до хоботка дорослої самки – самець.

У хромосомному наборі організмів 1 пара – статеві хромосоми, решта – аутосоми. У певної статі хромосоми можуть бути як однаковими так і різними. Залежно від цього стать, яка утворює один тип гамет, називається гомогаметною, яка різні типи гамет – гетерогаметною.

Типи хромосомного визначення статі:

- У ссавців, більшості амфібій, частини риб, комах (крім метеликів), ракоподібних, черв'яків жіноча стать гомогаметна (XX); чоловіча – гетерогаметна (XY);

- У клопів жіноча стать – гомогаметна (XX), чоловіча – гетерогаметна (XO);

- У птахів, плазунів, частини риб, метеликів жіноча стать – гетерогаметна (ZW), чоловіча – гомогаметна (ZZ);

- У молі, живородної ящірки жіноча стать гетерогаметна (Z0), чоловіча – гомогаметна (ZZ).

- У бджіл статеві хромосоми відсутні. Їх стать визначається кількістю аутосом. У соматичних клітинах матки і робочої бджоли міститься диплоїдний набір хромосом – 32 хромосоми (тобто 16 пар), а в соматичних клітинах трутня – гаплоїдний (16 хромосом). Спермії трутнів утворюються внаслідок мітотичного поділу.

Матки відкладають гаплоїдні яйця (16 хромосом), які утворюються внаслідок мейотичного поділу. Якщо вони запліднюються сперміями, то з таких зигот утворюється самка. Далі усе залежить від годівлі. Якщо личинка з кормом одержує маточне молочко, то з неї розвивається матка, а без маточного молочка – стерильні робочі бджоли. Із незапліднених яйцеклітин розвиваються трутні.

1.7.2. БАЛАНСОВА ТЕОРІЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТАТІ

К. Бріджес (1919) установив певні закономірності між співвідношенням статевих хромосом і аутосом та фенотиповим проявом статі стосовно дрозофіли. Суть їх полягає в тому, що нормальні самки і самці будуть тоді, коли ***статевий індекс*** (співвідношення статевих

хромосом (X) і аутосом) для самок дорівнюватиме 1, а для самців – 0,5. Тобто, коли у соматичних клітинах самок на кожні 2X-хромосоми припадає два набори аутосом ($2X : 2A = 1$), а у самців – на 1X-хромосому – також два набори аутосом ($1X : 2A = 0,5$).

Якщо співвідношення статевих хромосом і аутосом змінюється внаслідок збільшення або зменшення аутосом або статевих хромосом, то відбувається перерозподіл статі у бік появи аномальних форм: $2X : 3A = 0,66$ – це інтерсекси, які у фенотипі поєднують ознаки самця і самки; $3X : 2A = 1,5$ та $1X : 3A = 0,33$ – це, відповідно надсамки і надсамці, які проявляють сильно виражені ознаки тієї чи іншої статі. Всі ці форми є стерильними, тобто неплідними.

1.7.3. БІСЕСУАЛЬНІСТЬ ОРГАНІЗМІВ

Для прикладу, у людини стать визначається наявністю статевих хромосом – XX або XY. Однак у чоловіків (XY) гени чоловічої статі знаходяться не тільки в Y-хромосомі, але у невеликій кількості – також в X-хромосомі та в аутосомах. Водночас у них є гени жіночої статі. А жіноча стать має невелику кількість генів чоловічої статі.

Процес диференціації статі у людини зумовлюється статевими гормонами ендокринних залоз і зародкової гонади. Чоловічі статеві гормони називаються *андрогени*, жіночі – *естрогени*. Рівень гормональної секреції контролюється балансом генів чоловічої і жіночої статі.

Переважаання тієї чи іншої статі в зиготі визначається тим, з яким спермієм (X чи Y) зливається яйцеклітина.

Однак явище бісексуальності за певних умов може призвести до серйозних відхилень від норми та до утворення інтерсексуальних форм – гермафродитів.

Гермафродити – це особини, у яких присутні чоловічі і жіночі статеві органи. Розрізняють *природний і патологічний гермафродитизм*. У природних гермафродитів є чоловічі та жіночі гонади і утворюються статеві клітини обох типів. Це – кишковопорожнинні, більшість червів, молюски, деякі риби і рослини.

Патологічний гермафродитизм трапляється у роздільностатевих тварин і людини. Це відбувається внаслідок порушення розвитку статевих залоз і їх гормональної діяльності. При цьому можуть одночасно розвиватись сім'яники і яєчники, або змішана залоза – *овотестис* (справжні гермафродити).

Ілюстрацію бісексуальності організмів можна знайти в практиці тваринництва. Наприклад, у великої рогатої худоби спостерігаються випадки інтерсексуальних теличок, що розвиваються в парі з бугайцями. Як правило, такі телички безплідні і їх називають *фримартинками*. Причина безпліддя полягає у тому, що між кровоносною системою бугайця і телички часто утворюються *анастомози* (сполучення), по яких з кров'ю від бугайця до телички надходять андрогени і пригнічують розвиток яєчників.

Саме бісексуальністю можна пояснити випадки, коли стать змінюється протягом життя особини.

1.7.4. ПАТОЛОГІЯ В КАРІОТИПІ ПО СТАТЕВИХ ХРОМОСОМАХ

Патологія за кількістю та співвідношенням хромосом Х і У виявлена у людини і у тварин різних видів. Причиною таких аномалій є нерозходження статевих хромосом в процесі мейозу при гаметогенезі або в процесі мітозу на ранніх стадіях (зиготи) розвитку особини.

У людини найчастіше хромосомні аномалії утворюються при заплідненні нормальними сперміями яйцеклітин, які виникли в результаті нерозходження Х-хромосом у жінок.

Нерозходження статевих хромосом спричиняє різні типи полісомії та анеуплоїдії.

Більшість зигот з ненормальною кількістю статевих хромосом гинуть, проте деякі дають потомків з різними відхиленнями, так званими *синдромами*:

Хід мейозу у жінок	Статеві хромосоми яйцеклітин	Статеві хромосоми спермій	
		X	Y
Нормальне розходження X-хромосом	X	XX – нормальна жінка	XY – нормальний чоловік
Нерозходження X-хромосом	XX	XXX – жінка-трисомік	XXY – чоловік з синдромом Кляйнфельтера
	0	X0 – жінка з синдромом Шершевського-Тернера	Y – зигота гине на ембріональній стадії

Синдром Кляйнфельтера (XXY) – у таких чоловіків спостерігається недорозвинутість сім'яників, безпліддя, непропорційний розвиток кінцівок, близькі до жіночої статі пропорції тіла, часто розумова відсталість. **Синдром трисомії XXV** виявлений у собак, котів і свиней. Він супроводжується також рядом фізіологічних та анатомічних аномалій.

Синдром Шершевського-Тернера (X0) – у особин жіночої статі супроводжується сильним недорозвитком статевих органів, низьким зростом, інфантильною (дитячою) тілобудовою. Моносомія за X-хромосомою виявлена також у свиней.

Синдром трисомії XXX – у особин жіночої статі пов'язаний з відсутністю яєчників, недорозвитком вторинних статевих ознак, безпліддям, невеликим зростом і розумовою відсталістю.

1.7.5. УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК, ЗЧЕПЛЕНИХ ЗІ СТАТТЮ

Крім генів, які визначають стать, у статевих хромосомах є гени інших ознак. Дані гени та ознаки, які контролюються ними, називаються **зчепленими зі статтю**.

У домашніх тварин і птахів виявлені такі зчеплені зі статтю ознаки: викривлення кінцівок у свиней (домінантний ген), у великої рогатої худоби летальний ген, що викликає загибель чоловічих зародків і

Явище зчепленого зі статтю успадкування ознак вперше було відкрито Т. Морганом в дослідях на дрозофілі.

Т. Морган схрещував самця і самку дрозофіли з червоними і білими очима. У цьому випадку результати прямого і зворотного схрещувань виявились різні.

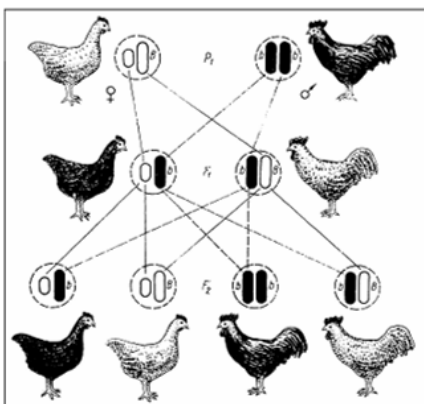


При прямому схрещуванні мати передає свою домінуютьну ознаку всім потомкам жіночої і чоловічої статі, тобто всі вони червонооки.

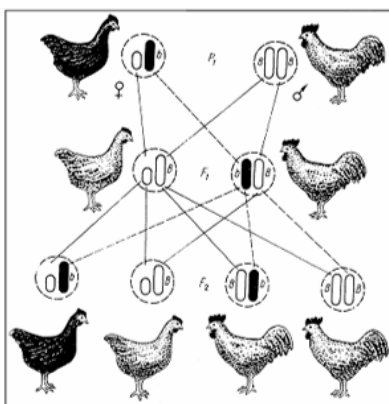
При зворотному схрещуванні, коли мати-дрозофіла має рецесивну ознаку, а батько – домінуютьну, відбувається розщеплення 1:1. Рецесивну ознаку від матері успадковують самці, а домінуютьну від батька – самки. Таке успадкування називається „кріс-крос” або „хрест-навхрест”.

У птахів, у яких генетична формула статі відрізняється від людини, ссавців і дрозоділі, розщеплення 1:1 спостерігається при прямому схрещуванні. При зворотному схрещуванні всі потомки однакові.

В – смугасте оперення, в – чорне



Пряме схрещування



Зворотне схрещування

Зчеплення ознак (генів) із статтю використовують у птаківництві для раннього розпізнавання статі, зокрема зчеплення такої ознаки, як забарвлення пір'я.

Чіткий прояв успадкування, зчепленого зі статтю, виявлений у коней, собак і людини за ознакою гемофілії (кров не зсідается).

<i>P</i>	♀ $X^H X^h$	х	♂ $X^H Y$
	здорова		здоровий
<i>p</i>	X^H X^h		X^H Y
<i>F</i> ₁	♀ $X^H X^H$ $X^H X^h$		♂ $X^H Y$ $X^h Y$
	100% здорові 50% носії		50% здорові 50% хворі

У тваринництві є деякі ознаки, що обмежені статтю, тобто вони можуть розвиватися лише у тварин однієї статі. До них належить молочна продуктивність, яйцєносність (самки).

Не дивлячись на обмеженість цих ознак статтю, в геномі самок і самців є гени, які локалізовані в будь-якій парі хромосом і зумовлюють такі ознаки. Тому в практиці тваринництва обмежені статтю ознаки підлягають селекції як через самок, так і через самців. Підтвердженням цього є оцінка плідників за якістю нащадків.

1.7.6. РІДКІСНІ РІЗНОВИДИ СТАТЕВОГО РОЗМНОЖЕННЯ

- **Партеногенез** – це розвиток зародка, а потім і організму із незаплідненої яйцєклітини (трутні, ящірки, білі індики).

- **Гіногенез** – різновид партеногенезу, розвиток зародка з незаплідненої яйцєклітини, але за участю спермія, який, проникаючи в яйцєклітину, не зливається з ядром, а лише стимулює її розвиток (круглі черви, сріблястий карась).

- **Андрогенез** – розвиток потомків тільки за рахунок ядер спермій. Їх злиття відбувається в яйцєклітині, що втратила своє ядро (тутовий шовкопряд, паразитична оса).

Питання для самоконтролю:

1. Чим відрізняються набори хромосом самок і самців у ссавців і птахів?
2. Яка стать називається гомогаметною, а яка гетерогаметною?
3. Які ознаки називаються зчепленими зі статтю? Які особливості їх успадкування?
4. Що таке гемізиготність?
5. У чому полягає сутність балансової теорії визначення статі?
6. Як можна пояснити генетичну природу бісексуальності організмів?
7. Які вам відомі рідкісні різновиди статевого розмноження?

1.8. МУТАГЕНЕЗ ТА МУТАЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ

1.8.1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ

Величезне розмаїття живої природи зумовлене трьома видами мінливості:

- **Комбінативна мінливість** – спадкова, зумовлена комбінацією і рекомбінацією генів, котрі відбуваються при незалежному розподілі хромосом в мейозі, їх випадковому поєднанні при заплідненні та у результаті кросинговеру.

- **Модифікаційна мінливість** – формується на базі надлишкової надійності організму, найбільш пластично відповідаючи заданим умовам. Ця форма мінливості не спадкова, є нормою реакції організмів на умови середовища, має важливе значення для пристосування виду. Для визначення рівня пристосованості Тимофєєвим-Ресовським у 1931 році було запропоновано поняття “**пенетрантність**”. Це виражена у відсотках частка особин популяції із числа носіїв даного гену, у яких він фенотипово проявився.

- **Мутаційна мінливість** – викликані мутацією зміни кількості або структури ДНК організму, які передаються потомству і впливають на формування ознак та подальшу долю організму в цілому.

Термін “**мутація**” був введений в генетику у 1901 році голандським ботаніком Гуго де Фрізом.

Процес виникнення мутацій називається **мутагенезом**.

Мутагенез може бути **спонтанним**, коли мутації виникають в природі без втручання людини, та **індукованим**, коли вони спричиняються штучно, під впливом так званих **мутагенів**.

Рослина, тварина, мікроорганізм, у яких відбулася мутація, називаються **мутантами**.

1.8.2. МУТАЦІЇ, ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

Мутації – закономірне генетичне явище, яке характеризується такими особливостями:

- Мутації виникають раптово, як дискретні зміни ознак.

- Нові форми є стійкими.
- На відміну від неспадкової мінливості мутації не утворюють безперервних рядів і не зосереджуються навколо середнього типу. Вони є якісними змінами.
- Мутації зачіпають одну або декілька ознак, можуть бути і корисними, і шкідливими.
- Вірогідність виявлення мутацій залежить від числа досліджених особин.
- Одні і ті ж мутації можуть виникати повторно.

Класифікація мутацій:

№ п/п	Природа мутацій	Назва мутацій	Наслідки та причини виникнення
1	За характером змін генів	Генні (точкові)	Зміна генів
		Геномні	Зміна кількості хромосом (анеуплоїдія, поліплоїдія)
		Хромосомні	Зміна структури хромосом (делеція, інверсія, дуплікація, фрагментація, транслокація)
2	За проявом у гетерозиготі	Домінантні	Визначаються домінантними генами
		Рецесивні	Визначаються рецесивними генами
3	За можливістю успадкування	Генеративні	Виникають у гаметах, успадковуються
		Соматичні	Виникають у соматичних клітинах, не успадковуються
4	За проявом у фенотипі	Летальні	Загибель організму
		Морфологічні	Морфологічні аномалії
		Біохімічні	Фізіологічні і біохімічні відхилення
5	За факторами виникнення	Спонтанні	Фактори обміну речовин
		Індуковані	Екстремальні фактори середовища

1.8.3. ГЕННІ (ТОЧКОВІ) МУТАЦІЇ

Генними мутаціями, або точковими, називають зміни структури ДНК на ділянці певного гену, який кодує синтез відповідної білкової молекули.

Мутації можуть виникати в результаті випадання або вставки нуклеотидних пар в молекулі ДНК на ділянці відповідного гену або заміни одного нуклеотиду на інший, коли, наприклад, замість тиміну стає гуанін або замість гуаніну – аденін.

Нормальна ДНК	ГГТ ГЦЦ АГЦ ГТЦ ТАТ ЦЦА ЦГГ ТЦГ ЦАГ АТА
Нормальна м-РНК	ГГУ ГЦЦ АГЦ ГУЦ УАУ
Поліпептид	Гли Ала Сер Вал Тир
Нонсенс-мутація	Т Г на А Ц
Мутантна ДНК	ГГТ ГЦЦ АГЦ ГТЦ ТАГ ЦЦА ЦГГ ТЦГ ЦАГ АТЦ
Мутантна м-РНК	ГГУ ГЦЦ АГЦ ГУЦ УАГ
Поліпептид	Гли Ала Сер Вал Стоп-кодон

У всіх випадках це призводить до утворення зміненого поліпептидного ланцюга, з іншим набором амінокислот та черговістю їх розміщення. Ефекти генних мутацій надзвичайно різноманітні. Соматичні генні мутації можуть спричиняти пухлини, як доброякісні, так і злоякісні.

Більшість дрібних генних мутацій, оскільки вони є рецесивними, фенотипово не проявляються. Проте відомі випадки, коли зміна лише однієї азотистої основи певного гену значно впливає на генотип. Одним з таких прикладів є так звана серповидно-клітинна анемія – захворювання, яке спричиняється у людини заміною азотистої основи в одному з генів, що відповідають за синтез гемоглобіну. Анемія не лише спричиняє

фізичну кваліть, але й може призвести до порушення діяльності серця та нирок, до передчасної смерті людей, гомозиготних за мутантним алелем. У гетерозигот анемія розвивається у легкій формі, а кількість аномального гемоглобіну становить біля 40%.

Результатом генних мутацій є також множинний алелізм, тобто різний стан одного і того ж гену (локусу). Серіями множинних алелів детермінується поліморфізм білків у тварин, зокрема поліморфізм гемоглобіну (поряд з нормальним типом А відомо біля 100 інших типів) та трансферину.

1.8.4. ГЕНОМНІ МУТАЦІЇ

Геномними називаються мутації, які виникають у результаті зміни кількості хромосом. Вони виражаються анеуплоїдією (втрата чи набуття окремих хромосом) та поліплоїдією (набуття цілих гаплоїдних наборів хромосом).

Анеуплоїдія. Причинами виникнення анеуплоїдії є:

- 1) відходження двох гомологічних хромосом до одного полюсу в анафазі 1-го мейозу або в анафазі мітозу, так зване явище нерозходження;
- 2) відсутність кон'югації гомологічних хромосом та утворення унівалентів замість бівалентів;
- 3) відсутність розділення хромосом на хроматиди.

У будь-якому випадку утворюються гамети з набором хромосом $n+1$ або $n-1$, які в процесі запліднення формують зиготи чотирьох типів:

$2n - 2_{12}$ (нулісомік)

$2n - 1_{12}$ (моносомік)

$2n + 1_5$ (трисомік), $(2n + 1_{21} = 47)$ - **синдром Дауна**

$2n + 2_5$ (тетрасомік)

Індекс внизу вказує номер хромосомної пари, в якій змінилась кількість хромосом.

Синдром Дауна характеризується затримкою розумового розвитку, зниженою протидією хворобам, природженими серцевими вадами, коротким тулубом та товстою шиєю і т.д.

Поліплоїдія – процес парного або непарного числа разів збільшення

кількості повних хромосомних наборів, які відрізняються від норми ($2n$). При цьому утворюються особини з генотипами: $3n$ – триплоїд, $4n$ – тетраплоїд, $5n$ – пентаплоїд, $6n$ – гексаплоїд і т.д.

У рослин поліплоїдія зустрічається частіше, ніж у тварин. При оптимальному рівні плоїдності (кількості гаплоїдних наборів) рослини того чи іншого виду характеризуються високою життєздатністю і продуктивністю. Більшість культурних рослин – поліплоїди.

Розрізняють спонтанну (яка зустрічається в природі) та експериментальну (індуковану) поліплоїдію.

Спонтанних поліплоїдів серед тварин з причини їх майже абсолютної смертності практично не зустрічається. Спроба експериментального одержання життєздатних поліплоїдів у тварин триває.

Форми поліплоїдії:

- **Аутополіплоїдія** – збільшення кількості хромосомних наборів у даного виду. Причина – порушення нормальної кон'югації двох гомологічних хромосом у диплоїдного організму в профазі 1-го мейозу. Аутополіплоїдизацію можна здійснити за допомогою алкалоїду колхіцину.

- **Аллополіплоїдія** – подвоєння кількості хромосом у стерильного гібрида, в результаті чого він стає плодючим. Це відбувається, якщо кількість хромосом стає кратною вихідній гаплоїдній їх кількості (наприклад, дорівнює $2(n_1+n_2)$, $3(n_1+n_2)$ і т.д., де n_1 і n_2 – гаплоїдна кількість хромосом у батьківських видів.

Аллополіплоїди важливого практичного значення набули при створенні пшенично-житніх гібридів, так званих **тритікале**. Тритікале є цінною зерно-фуражною культурою. Кращі її сорти дають високий врожай зеленої маси і зерна.

У тварин аллополіплоїдія майже невідома, бо у них міжвидові схрещування відбуваються дуже рідко.

- **Гаплоїдія** – процес формування у соматичних клітинах лише гаплоїдного (одинарного) набору хромосом.

У тварин гаплоїдні форми виникають у результаті порушення процесу запліднення. До таких випадків відносять справжній партеногенез, коли в цьому процесі зовсім не бере участі чоловіча гамета,

чи ця гамета генетично неактивна. У тих випадках, коли після запліднення материнський хромосомний набір підлягає елімінації, внаслідок чого зигота розвивається з батьківським набором хромосом, спостерігається явище андрогенезу.

1.8.5. ХРОМОСОМНІ АБЕРАЦІЇ

Зміни структури хромосом внаслідок їх розриву і перебудови називають *хромосомними абераціями*.

Будь-якій структурній зміні хромосоми передують її розрив, при якому утворюються два фрагменти, кожний з яких має по одному “липкому” кінцю. Фрагменти в свою чергу здатні з’єднуватися з будь-яким іншим “липким” кінцем своєї чи іншої хромосоми. Хромосомні перебудови проходять, як правило, при косинговері під час профазі 1-го мейозу.



Делеція (Dl) – нестача, тобто втрата хромосомою будь-якої ділянки – проміжної або кінцевої (дефішенси).

Якщо делеція відбувається в одній з двох гомологічних хромосом, це призводить до зміни ознаки. Якщо торкається одного і того ж генного локусу в обох гомологічних хромосомах, це призводить, як правило, до летального кінця. Відома крупна делеція 21-ї хромосоми людини, яка спричиняє важку форму білокрів'я.

Дуплікація (Dp) – подвоєння ділянки хромосоми. Дуплікація помітно не впливає на фенотип особини.

Інверсія (Іn) – “вирізання” ділянки хромосоми, яка повертається на 180°, а потім знову “вбудовується” на попереднє місце. При цьому ніяких змін генотипу не відбувається, але можливі фенотипові зміни, а також утворення так званих інверсійних мостів в результаті порушення кон’югації гомологічних хромосом.

Фрагментація (F) – розрив хромосом або хроматид в декількох місцях і утворення окремих фрагментів з наступною втратою в мітозі тих, які не містять центромери. Як правило, фрагментація обумовлює виникнення летальних мутантів.

Транслокація (Тl) – обмін ділянками між негомологічними хромосомами. Транслокація не змінює кількості генів в даному генотипі і не завжди проявляється фенотипово. Але у особин, гетерозиготних за транслокацією, порушується кон’югація гомологічних хромосом і утворюються нежиттєздатні гамети.

Транспозиція (Т) (інсерція) – вставка в хромосому невеликих фрагментів з кількома генами.

Їх характер залежить від стану хромосоми в момент дії мутагенного фактора. Якщо хромосома знаходиться у стані одинарної нитки (інтерфаза, анафаза і телофаза мітозу), то при подвоєнні аберація зберігається в обох хроматидах, тобто виникають хромосомні аберації. Якщо мутаген діє на хромосому, що знаходиться в стані подвійної нитки (певні періоди інтерфази, профаза і метафаза мітозу), аберація може відбутися лише в одній хроматиді. У цьому випадку виникають хроматидні перебудови.

Розрізняють внутрішньо- і міжхромосомні аберації. До внутрішньохромосомних відносять: делеції, дефішенси, інверсії, дуплікації та фрагментації; до міжхромосомних – транслокації і транспозиції (інсерції).

1.8.6. ВПЛИВ МУТАЦІЙ НА ЗДОРОВ'Я, ГОСПОДАРСЬКІ ТА ПЛЕМІННІ ЯКОСТІ ТВАРИН

Більшість мутацій негативно впливає на організм тварин та людини. Особливо шкідливі індуковані мутації, їх частота станом на сьогодні перевищує 20 %.

В Україні спостерігається екологічна криза, яка потребує запровадження “генетичної безпеки”, тобто комплексу організаційно-технологічних заходів, які попереджають потрапляння мутагенів у природне середовище.

У тваринництві основними завданнями зооветеринарної та екологічної служб є наступні: систематизувати наявні в популяціях тварин форми спадкової патології, провести інвентаризацію мутагенів та їх тест-оцінку на шкідливість, організувати перевірку плідників, яких використовують для штучного осіменіння, за каріотипом, провести ряд селекційних заходів для усунення “генетичного вантажу” з популяцій.

Застосування мутаційних процесів у селекції тварин успіхом не завершується, поряд з цим незначні зміни генетичної інформації, якщо вони не характеризуються летальною дією, закріплюються в генофонді популяцій (“вкорочені кінцівки” у вівчарстві, множинний алелізм у хутровому звірівництві).

Питання для самоконтролю:

1. Що таке генні мутації?
2. Які бувають хромосомні мутації?
3. Які бувають геномні мутації?
4. У чому полягає різниця між спонтанними й індукованими мутаціями?
5. Що таке поліплоїдія?
6. Що таке гетероплоїдія?
7. Яке значення спонтанних точкових мутацій в еволюції і селекції?

1.9. ІМУНОГЕНЕТИКА І ГЕНЕТИЧНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ

1.9.1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ

Імуногенетика – розділ біології, який вивчає генетичний поліморфізм антигенного складу клітин тварин.

Генетичний поліморфізм – одночасна наявність в популяції декількох алелів одного і того ж локусу, які знаходяться в рівновазі протягом ряду поколінь.

Антигени – це речовини, що несуть ознаки генетичної чужорідності, які при введенні в організм спричиняють імунну відповідь (утворення антитіл).

Антитіла – це білкові речовини, які утворюються в організмі тварин у відповідь на проникнення антигену.

Еритроцитарні антигени – містяться на мембрані еритроцитів і визначають групи крові тварин.

1.9.2. ГРУПИ КРОВІ ТА ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ

Групи крові обумовлені еритроцитарними антигенами (білками, полісахаридами та іншими сполуками).

Сукупність еритроцитарних антигенів, які контролюються одним локусом, називають **генетичною системою груп крові**, а суму всіх систем груп крові однієї особини – **типом крові**.

Генетичні системи груп крові та антигени позначаються великими та малими літерами латинського алфавіту (А, В, С і т.д.) з штрихами (A^I , B^I , C^I ...) та підстрочними індексами (A_1 , B_1 , B_2 і т.д.). Алелі записуються через косу риску (A/D).

Антигени деяких складних систем (локусів) успадковуються в певних комбінаціях – **феногрупах**. В феногрупах нараховується від 1 до 10 і більше антигенних факторів. Феногрупи В-системи ВРХ: BG, BGK, BGK O_2 Y $_1$ A I B I E I K I O I Y I . Еритроцитарні антигени закладаються в ембріональний період, не змінюються протягом онтогенезу і не залежать від факторів зовнішнього середовища.

Більшість алелів генетичних систем груп крові успадковуються за типом **кодомінування**, тобто в гетерозиготах фенотипово проявляються гени обох батьків.

Три основні правила успадкування груп крові:

- 1) кожна особина успадковує по одному із двох алелів від матері і батька в кожній системі груп крові;
- 2) особина з антигенами, які не виявлені у батьків, не може бути нащадком даної батьківської пари;
- 3) гомозиготна особина за одним антигеном (наприклад, F – F/F не може бути нащадком гомозиготної особини з протилежним антигеном (наприклад, F – V/V).

В даний час у великої рогатої худоби відомо 12 систем груп крові, у свиней – 17, у овець – 16, у коней – 10, у курей – 14. Найскладніша В-система ВРХ, що нараховує біля 40 антигенів, які в різних комбінаціях утворюють понад 500 алелів.

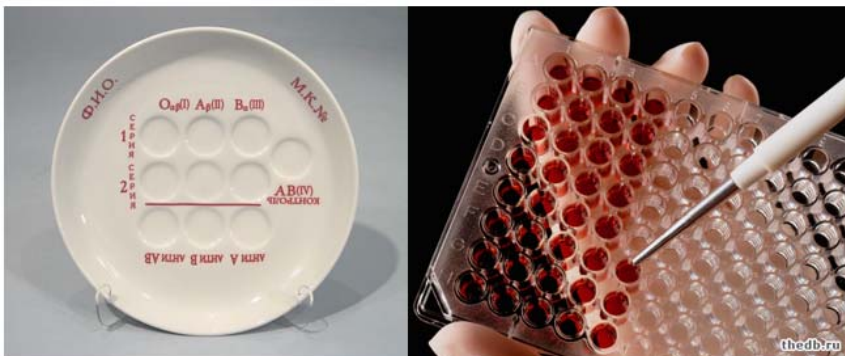
Видові характеристики систем еритроцитарних антигенів у крові сільськогосподарських тварин (за Й.З. Сірацьким та ін., 2000)

Види тварин	Число систем	Позначення систем	Число антигенів у всіх системах	Число алелів
Велика рогата худоба	12	A,B,C,F-V, J, L,M,S,Z,R'-S', T,N	більше 100	більше 500
Коні	10	A,C,D,K,P,Q, Fc,T,U, S	20	40
Свині	17	A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N, O,P,Q	83	більше 100
Вівці	16	A,B,C,D,I,M,R,X- Z,Con,F30,F41,Hel,Y,T,V,PV	41	89
Кури	14	A,B,C,D,E,H,I,Y,K,Z,N,P,R,Vh	47	96

Якщо в генетичній системі груп крові є більше 3-х алелів, то такі системи називають поліалельними. У великої рогатої худоби до них відносяться системи В, С, S і А. Антигени виявляються шляхом реакції “антиген-антитіло”, так званої реакції “гемолізу” (руйнування стріми еритроцитів з виділенням з них гемоглобіну), у свиней частково крім того – шляхом процесу аглютинації (склеювання еритроцитів).

Реакція гемолізу відбувається в присутності **комплемента**, який одержують із свіжої сироватки крові кролика.

Імуногенетичний контроль тварин здійснюють на підприємствах (лабораторіях) генетичного контролю атестовані фахівці із спеціальною освітою, які пройшли спеціальну підготовку щодо проведення імуногенетичних досліджень.



Планишети для визначення груп крові людини і тварин

У великої рогатої худоби кров відбирають методом пункції яремної вени. Для того, щоб запобігти утворенню кров'яного згустку та забезпечити довготривале зберігання лабораторних зразків використовують антикоагулювальні та консервувальні розчини.

Схема одержання специфічних реагентів груп крові наступна:

- **кров від тварини-донора з антигенами А, В, С вводять реципієнту з антигеном А, який не містить антигенів В і С;**
- у реципієнтів утворюються антитіла до антигенів В і С. Антитіла проти антигену А не утворюються, оскільки реципієнт має цей фактор;
- для одержання В-реагенту антисироватку змішують з еритроцитами, взятими від корови, яка має антиген С, але не має В. У результаті цього С-антитіла зв'язуються з С-антигенами еритроцитів;
- центрифугуванням еритроцити з адсорбованими на них антитілами С відокремлюються, а в сироватці залишаються лише В-антитіла.

- 1-2 краплі сироватки з антитілами В (антисироватка) змішують з розбавленою суспензією еритроцитів досліджуваної тварини та комплементом. Реакція між В-антитілами та еритроцитами з В-антигеном призводить до гемолізу еритроцитів. При цьому сироватка забарвлюється в червоний колір. Реакція гемолізу оцінюється в балах (від 1 до 4).

1.9.3. ЗНАЧЕННЯ ГРУП КРОВІ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ

Сфери застосування груп крові у селекції тварин наступні.

1. Контроль достовірності походження тварин. Без нього неможлива організація плеємної роботи на високому рівні. Необхідність контролю очевидна - навіть в племгоспах помилки в родовідних тварин досягають 20% і більше. Причини: недоліки в роботі техніків штучного осіменіння (30-50%), втрата бірок, повторне осіменіння різними плідниками в суміжні охоти, коли одна з них виявилась несправжньою. Контроль достовірності походження можливий завдяки: 1) кодомінантному успадкуванню антигенів; 2) їх постійності протягом онтогенезу; 3) необмеженому числу комбінацій груп крові, що виключає їх повторення в межах популяції (за виключенням монозиготних близнюків).

За допомогою аналізу груп крові можливе виключення помилкового походження у 98% випадків.

2. Імуногенетичний контроль при випробовуванні плідників за якістю нащадків. Застосовується широко в свинарстві - частина свиноматок осіменяється змішаною спермою двох кнурів. Це дозволяє: виключити вплив зовнішніх факторів в ембріональний і постембріональний період; провести оцінку поєднання кнурів і свиноматок за запліднюючою здатністю і продуктивністю нащадків.

3. Імуногенетичний аналіз моно- і дизиготних близнюків. Монозиготні близнюки розвиваються з однієї зиготи (однойцеві), дизиготні – з двох запліднених зигот (двойцеві). Монозиготні близнюки завжди однієї статі і мають абсолютно однаковий тип крові. Різностатеві двійнята завжди дизиготні, з різними типами крові і ніколи не можуть бути монозиготними.

Монозиготні двійнята використовуються: для визначення відносної частки спадкової мінливості ознаки в загальній мінливості; для вивчення взаємодії “генотип-середовище”; для визначення впливу різних факторів середовища; для постановки дослідів по годівлі, ветеринарії і фізіології тварин.

Частота двійнят складає у ВРХ 2-3% (з них 10-20% - монозиготні), у коней – 1-2%.

У 90% випадків у двійнят ВРХ виникають анастомози, тобто зростання кровоносних судин, в результаті чого у дизиготних близнюків спостерігається змішаний тип крові, так званий *химеризм еритроцитів*. Внаслідок сполучення судин обох ембріонів 90% теличок з різностатевих двійнят стають фримартинками і їх вибраковують через неплідність.

4. Міжпородна і внутрішньопородна диференціація. За допомогою груп крові можна уточнити походження і систематику видів, походження і спорідненість порід, генетичну структуру порід і внутрішньопородну диференціацію, проводити планування і контроль селекційного процесу. По кожній породі можна визначити частоту антигенних факторів і феногруп; обчислити індекс генетичної подібності між породами і популяціями, між лініями і родинами, їх гомогенність і гетерогенність; маркувати лінії антигенами груп крові або алелями і на цій основі підтримувати генетичну подібність з родоначальником, оцінити поєднання при кросах ліній.

5. Прогнозування продуктивності тварин. Зв'язок груп крові з продуктивністю виникає завдяки плейотропній дії генів та зчепленню алелів груп крові і локусів, які контролюють продуктивність. Проте цей зв'язок, встановлений в одних стадах і породах, часто не підтверджується в інших. Це пояснюється складною спадковою обумовленістю кількісних ознак та сильним впливом на них різних факторів середовища. Тому чітких рекомендацій з цього приводу немає.

6. Селекція тварин на стійкість до захворювань. Є багато даних про зв'язок деяких алелів груп крові із стійкістю та схильністю великої рогатої худоби до маститу, лейкозу та інших хвороб. Проте поки відсутні надійні маркери, за якими можна було б успішно вести селекцію на резистентність.

Відомий **резус-фактор** (Rh) теж є еритроцитарним антигеном. В результаті неспівпадання за ним крові матері і плоду у людей, коней, свиней, кроликів виникає гемолітична хвороба новонароджених. В нашій країні 84% людей є резус-позитивними. В шлюбх резус-позитивних чоловіків з резус-негативними жінками можуть народжуватись резус +/- діти. На 2-3 місяці вагітності кров резус +/- плоду поступає в організм матері і спричиняє у неї утворення антитіл проти резус-позитивного антигену. Антитіла, проникаючи через плаценту в організм плоду, спричиняють еритроблестоз (руйнування еритроцитів плоду), в результаті чого він може загинути (особливо якщо то повторна вагітність). Для врятування плоду потрібна повна заміна його крові.

Визначення і успадкування груп крові у людини



1.9.4. ПОЛІМОРФІЗМ СИСТЕМ БІЛКІВ І ФЕРМЕНТІВ

Якщо локус визначає два і більше алеля одного гену, його називають **поліморфним**.

Наразі розроблені методи розділення та ідентифікації білкових молекул за допомогою електрофорезу в крохмальному гелі. Білки, в тому числі і ферменти, котрі знаходяться в розчині у вигляді дрібних частинок,

які несуть певний електричний заряд, під дією електричного струму рухаються до катоду або аноду. Так відбувається розділення білкових молекул, які обумовлені тим або іншим алелем.

У с.-г. тварин вивчено більш як 150 поліморфних локусів протеїнів (в тому числі ферментів) крові, молока, тканин. Зокрема, ВРХ має 56 локусів, у яких нараховується 130 алелів, коні – 15 локусів і 59 алелів, свині – відповідно 29 і 74, вівці – 27 і 65, кури – 26 і 67.

Основні поліморфні генетичні системи ферментів, білків крові і молока (за Й.З. Сірацьким та ін., 2000)

Система	Символ локуса	Кількість алелів				
		ВРХ	Коні	Свині	Вівці	Птиця
Гемоглобін	Hb	6	-	-	2	-
Альбумін	Alb	6	2	6	3	2
Гаптоглобін	Hr	4	1	8	-	-
Трансферин	Tf	11	7	5	12	2
Лужна фосфатаза	Pr	3	-	5	-	-
Церулоплазмін	Cp	3	2	3	-	2
Амілаза	Am	4	-	10	-	-
Естераза	Es	2	-	2	-	-
Карбоангідраза	Ca	2	-	2	-	-
Альфа-лактоглобулін	α -L	3	-	3	-	-
Бета-лактоглобулін	β -L	4	-	-	-	-
α SI-казеїн	α SI-Cn	4	-	-	-	-
Бета-казеїн	β -Cn	8	-	-	-	-
Капа-казеїн	k-Cn	2	-	-	-	-
Альфа-казеїн	α -Cn	-	-	3	-	-
β 1-казеїн	β 1-Cn	-	-	6	-	-
β 2-казеїн	β 2-Cn	-	-	3	-	-

Основні поліморфні системи білків і ферментів с.-г. тварин: у крові – гемоглобін (Hb), альбумін (Al), церулоплазмін (Cp), амілаза (Am), лужна фосфатаза (Pr), карбоангідраза еритроцитів (Ca); у молоці – альфа-

лактоальбумін (α La), бета-лактоглобулін (β Lg), альфа-казеїн (α Cn), бета-казеїн (β Cn); у *білках яєць* – глобуліни (G_2 і G_3), трансферин (Tf), лізоцим (G).

Крім наведених систем, вивчені інші, менш поширені. Так, молоко характеризується шістьма поліморфними білками, які несуть від двох до восьми алелів у локусі. З поліморфізмом білків молока пов'язані його технологічні якості та поживність.

1.9.5. ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІМОРФНИХ СИСТЕМ БІЛКІВ У СЕЛЕКЦІЙНІЙ РОБОТІ

Нагромаджені численні дані, які вказують на наявність зв'язку показників господарських ознак з поліморфними системами. Ряд експериментальних робіт підтверджують перевагу гетерозигот за різними локусами над гомозиготами за продуктивністю і стійкістю проти захворювань. Тобто, припущення про неоднакове господарсько-корисне значення різних генотипів тварин вірне. Це потрібно враховувати при опрацюванні планів підбору с.-г. тварин і птиці.

Поліморфні генетичні системи білків та ферментів впливають на збалансованість загального метаболізму, що дозволяє виявити його порушення, які пов'язані з годівлею, природними факторами та селекцією.

Наразі розроблений так званий *генноекологічний напрямок*, який дає можливість за допомогою поліморфних систем аналізувати стан адаптації тварин до умов середовища, нових технологій, вивчати цінні властивості аборигенних порід з метою збереження їх генофонду.

Крім того, поліморфні системи білків, як і групи крові, використовують для вирішення наступних проблем:

- вивчення причин та динаміки генотипової мінливості, які становлять основу еволюційної генетики;
- вивчення гено-географії різних видів тварин;
- встановлення міжпородної та внутрішньопородної диференціації, вивчення алелофонду порід, ліній і родин, а також генетичних процесів у популяціях с.-г. тварин, змін їх генетичної структури у процесі селекції;

- уточнення походження тварин;
- визначення моно- та дизиготності двійнят;
- підбір гетерозисного поєднання і т.д.

Метод контролю походження тварин за допомогою білкового поліморфізму простіший, ніж за групами крові.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке антигени й антитіла?
2. Як визначаються групи крові у тварин?
3. Які особливості успадкування груп крові?
4. Для чого використовується визначення груп крові в практиці тваринництва?
5. Чи існує кореляція між групами крові і продуктивністю тварин?
6. Що таке спадковий поліморфізм білків?
7. Який характер успадкування різних типів поліморфних білків?
8. Чи існує кореляція поліморфних білків із продуктивністю тварин?

1.10. БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА ГЕНЕТИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ В ТВАРИННИЦТВІ

1.10.1. ТРАНСПЛАНТАЦІЯ ЕМБРІОНІВ

Біотехнологія – наука про застосування біологічних процесів і систем у виробництві. Методичні основи біотехнології становлять методи клітинної та генетичної інженерії.

Сільськогосподарська біотехнологія значних успіхів досягла у рослинництві, де її використовують при виведенні нових сортів. У тваринництві біотехнологія спрямована в основному на конструювання бажаних генотипів, які забезпечують високу продуктивність тварин та їх інтенсивне відтворення нетрадиційними методами.

Серед біотехнологічних методів найбільшого поширення в практичній селекції набула **трансплантація ембріонів**.

Трансплантація ембріонів дає можливість вирішувати ряд завдань практичної селекції, а саме:

- 1) інтенсивне використання генетичного потенціалу;
- 2) прискорене створення високопродуктивних родин, резистентних до хвороб;
- 3) одержання ідентичних тварин шляхом розділення ранніх ембріонів;
- 4) збільшення виходу приплоду шляхом одержання двійнят після пересадки двох ембріонів одному реципієнту;
- 5) збереження генетичних ресурсів малочисельних та зникаючих порід;
- 6) накопичення цінного генетичного матеріалу в банках ембріонів шляхом глибокого заморожування;
- 7) спрощення системи експорту та імпорту тварин;
- 8) акліматизація імпортованих тварин іноземних порід;
- 9) одержання міжвидових гібридів.

Успіх трансплантації в значній мірі визначається відбором донорів ембріонів. *Донори* – високоцінні у племінному відношенні корови, які дають реакцію *суперовуляції*, тобто одночасного формування декількох повноцінних яйцеклітин у відповідь на введення гормонів, що дозволяє одержувати достатню кількість якісних ембріонів.

Стимуляція суперовуляції проводиться в певний момент статевого циклу із застосуванням сироватки жеребих кобил (СЖК), фолікулоститимулюючого гормону (ФСГ) та інших біологічно активних речовин.

Осіменіння донорів здійснюють спермою, яка має високу запліднюючу здатність і одержана від видатних бугаїв-плідників. Як правило, від одного донора отримують від 3 до 10 придатних для трансплантації ембріонів.

Реципієнти – переважно телиці, які не представляють племінної цінності, але характеризуються добрим розвитком та вираженою статевою охотою.

Для одержання ембріонів у виробничих умовах застосовують нехірургічний метод. Їх вимивають із матки за допомогою набору спеціальних інструментів та живильних середовищ. Цей метод не потребує особливих умов і дозволяє використовувати одного донора декілька разів на рік. Ембріони отримують на 6-8-й день їх розвитку, коли

вони знаходяться на стадії *пізньої морули* або *ранньої бластоцисти*. На жаль, у стимульованих до поліовуляції донорів лише 50% вимитих ембріонів виявляються придатними для трансплантації. До їх числа відносять ембріони відмінної, доброї та задовільної якості.

Ембріон необхідно пересаджувати реципієнтам в стадії статевого циклу, який відповідає віку ембріона, або відрізняється від нього не більше, ніж на ± 1 день. Як правило, пересаджують 7-8-денні бластоцисти реципієнтам, які знаходяться на 7-8-му дні статевого циклу. За допомогою катетера ембріони вводять у верхівку рогу матки реципієнта. Якщо пересаджують в обидва роги – одержують двійні. Пересадка ембріона не повинна тривати більше 1-ї хвилини.

При застосуванні нехірургічного методу тільність настає у 50-60% реципієнтів. При пересадці повноцінних ембріонів ідеально підібраним реципієнтам приживлюваність зародків досягає 70-80%, тобто дорівнює запліднюваності при штучному осіменінні.

З метою тривалого зберігання ембріонів їх заморозжують у рідкому азоті (-196°C). Приживлюваність розморожених ембріонів на 10-15% нижча порівняно з свіжоотриманими.

Найбільшого поширення трансплантація ембріонів набула у США, Канаді та країнах Західної Європи.

1.10.2. ОДЕРЖАННЯ МОНОЗИГОТНИХ БЛИЗНЮКІВ

Значення методу одержання монозиготних близнюків для практичної селекції: по-перше, на 40-60% збільшується вихід телят при трансплантації. *По-друге*, використання монозиготних близнюків, які мають абсолютно ідентичний генотип, дає можливість організувати ідеальний дослід для вивчення взаємодії генотип-середовище, підвищити ефективність оцінки бугаїв, проводити оцінку корів за якістю нащадків.

Одержують монозиготних близнюків шляхом мікрохірургічного розділення ранніх ембріонів (на стадії морули або бластоцисти) за допомогою спеціальних мікроманіпуляторів. Висококваліфіковане виконання цієї операції дозволяє довести рівень тільності при трансплантації розділених ембріонів до 60-75%, тобто до рівня нерозділених ембріонів.

1.10.3. ХИМЕРНІ ТВАРИНИ

Химерні тварини – у них частина клітин походить від однієї пари батьків, а частина від іншої, тобто такі тварини мають чотирьох батьків. Використання методів клітинної інженерії дозволяє одержувати химер як в межах одного виду, так і міжвидових. **Способи одержання химер:**

- **Агрегаційний** – у ембріонів на стадії морули за допомогою ферменту пронази видаляють (розчиняють) прозору оболонку, поміщають її в спеціальне живильне середовище. Змішаний (різних ембріонів) агрегат бластомерів культивують 24-48 годин. За цей час із бластомерів двох різних генотипів розвивається бластоциста, яку трансплантують реципієнту.

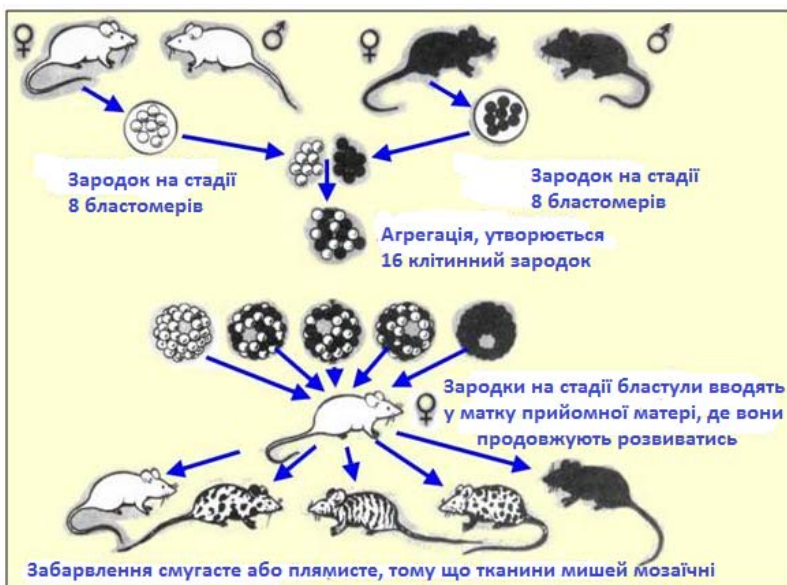


Схема одержання генетичних химер агрегаційним методом

- **Ін'єкційний** – одержують ембріонів-донорів і ембріонів-реципієнтів, дисоціюють клітини ембріона-донора або вилучають у нього цілі куски тканини, ін'єктують чужі клітини (тканини) бластоцисті-реципієнту. Культивують прооперований ембріон деякий час і трансплантують реципієнту.

1.10.4. КЛОНУВАННЯ ТВАРИН

Клон – це група тварин, які походять з однієї клітини. Всі особини одного клону мають ідентичний генотип. Таким чином, **клонування** – це одержання генетичних копій без статевого розмноження.

Найбільш поширений метод клонування – трансплантація ядер соматичних клітин в енукейовані (безядерні) яйцеклітини.

Клонування тварин – це копіювання тварин з відомою статтю і продуктивністю. Значення методу для селекції: відпадає необхідність оцінки тварин за якістю нащадків. Якщо ядро брати із соматичної клітини, наприклад, корови-рекордистки, то всі її потомки будуть теличками з таким же генетичним потенціалом, як і в даної тварини.

Перенесення ядер здійснюється за допомогою спеціальних мікроманіпуляторів. Вперше клон тварини отримав Я. Вілмут у 1997 році (Шотландія) – вівцю Доллі.

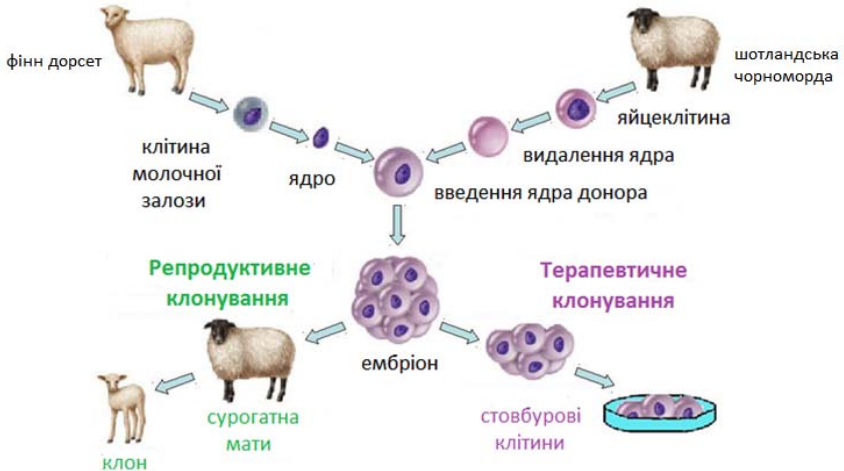


Схема клонування вівці Доллі (Wilmut, 1997)

Станом на сьогодні клоновані види тварин: миші, кролі, коти, собаки, вівці, кози, свині, велика рогата худоба.

1.10.5. ЗАПЛІДНЕННЯ ПОЗА ОРГАНІЗМОМ

Запліднення поза організмом (в пробірці) вперше здійснив у 1981 році Брекет (США), ним таким шляхом було одержане перше теля.

Успішне запліднення поза організмом проходить при використанні лише зрілих яйцеклітин, які можна одержати тільки хірургічним шляхом. Зараз ведуться роботи по заплідненню поза організмом яйцеклітин, які дозрівають в процесі культивування овоцитів, одержаних з яєчників забитих корів.

Метод запліднення поза організмом дозрілих в культурі овоцитів включає чотири етапи:

- 1) одержання і культивування овоцитів до їх дозрівання (до метафази II мейозу);
- 2) підготовка спермій до здатності взаємодіяти з яйцеклітиною;
- 3) сумісна інкубація зрілих яйцеклітин із сперміями для їх запліднення;
- 4) культивування одержаних зародків до стадії морули або бластоцисти.

1.10.6. ГЕНЕТИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

Генетична інженерія – це розділ молекулярної генетики, який вивчає і розробляє методи конструювання організмів з новими ознаками.

Генетична інженерія, як вважають більшість вчених, виникла в 1972 році, коли в лабораторії П. Берга (США) одержали першу рекомбіновану (гібридну) ДНК.

Генноінженерні маніпуляції успішно застосовуються на бактеріях і рослинах. У тваринництві вони використовуються для прискореного одержання бажаних генотипів.

Трансгенез (експериментальне перенесення генів в інший геном) здійснюється за рахунок синтезованих або природних генів, виділених із геному.

Одержання природних генів. Дроблення ДНК на фрагменти відбувається за допомогою ферментів - *рестриктаз*. Кожна рестриктаза

„впізнає” конкретну послідовність нуклеотидів і „розрізає” молекулу ДНК на ділянки з „липкими” кінцями. Зараз відомо понад 50 специфічних рестриктаз, які добувають із бактеріальних клітин.

Синтез штучних генів можливий двома способами.

Хімічний синтез уперше здійснив Г. Корана в 1970 році. Синтезований ним ген тРНК дріжджів складався із 77 нуклеотидів і був функціонально неактивним, оскільки не мав регуляторних ділянок. Пізніше, в 1976 році, ним та його співробітниками був синтезований ген тирозинової тРНК, який складався із 126 нуклеотидів і був функціонально активним.

Ферментативний синтез генів відбувається безклітинному середовищі, куди вносять чотири компоненти:

- 1) „будівельний матеріал” – нуклеотоди (аденін, гуанін, тимін, цитозин);
- 2) „каталізатор” – фермент *ревертазу*;
- 3) мРНК, яка визначає структуру синтезуючого білка;
- 4) „затравку” – невелику ділянку молекули ДНК, яка є прискорювачем реакції біосинтезу.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке генетична інженерія і які її завдання?
2. Якими методами отримують гени?
3. Що таке рекомбінантна ДНК?
4. Як вводять чужерідні гени в реципієнтні клітини?
5. Як використовуються в практиці тваринництва досягнення генетичної інженерії?
6. Для чого потрібна трансплантація ембріонів?
7. Що таке химерні тварини?

1.11. ГЕНЕТИЧНІ ОСНОВИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО РОЗВИТКУ

1.11.1. ЗАПЛІДНЕННЯ. РОЛЬ МАТЕРИНСЬКОЇ СПАДКОВОСТІ У ФОРМУВАННІ ЕМБРІОНІВ.

Онтогенез – це повний цикл індивідуального розвитку кожної особини, який починається з утворення зиготи і закінчується природною смертю організму.

Головним моментом початку нового життя є **запліднення**. Воно полягає в злитті спермія з яйцеклітиною. *Найважливішими етапами запліднення є:*

- проникнення спермія в яйцеклітину;
- активація в яйцеклітині різноманітних синтетичних процесів;
- злиття ядер яйцеклітини і спермія з наступним відновленням диплоїдного набору хромосом.

Проникненню спермія в яйцеклітину, сприяє фермент *гіалуронідаза* та інші біологічно активні речовини (спермалізини), які розрихлюють зовнішню оболонку яйцеклітини.

Основні типи запліднення: *зовнішнє* – коли гамети обох статей виділяються у зовнішнє середовище (більшість водних тварин) та *внутрішнє* – коли спермії вводяться у статеві шляхи самки.

Генетична сутність запліднення полягає у злитті ядер. Утворюється зигота – диплоїдна клітина, яка отримала по одному гаплоїдному набору хромосом і відповідну генетичну інформацію від матері та від батька.

Після запліднення починається індивідуальний розвиток організму – **ембріогенез**. Подальший ріст і розвиток організму відбувається внаслідок наступних мітотичних поділів зиготи. Усі клітини організму (у дорослої людини їх близько 2-3 біліарди) є похідними зиготи і несуть одну й ту саму генетичну інформацію.

На початкових стадіях розвиток зиготи відбувається під дією материнської м-РНК, яка транскрибується з материнської ДНК, нагромаджується в цитоплазмі яйцеклітини і, з'єднавшись із специфічними білками цитоплазми, утворює гранули – **інформосоми**. Зразу ж після запліднення м-РНК під впливом специфічних ферментів

звільняється від зв'язуючих її білків і починає взаємодіяти з рибосомами, утворюючи білок. Внаслідок цієї взаємодії на перших етапах ембріогенезу реалізується материнська генетична інформація, раніше записана материнською ДНК.

У міру поділу зиготи запас материнської м-РНК у формі інформосом поступово витрачається. Інформосоми забезпечують синтез білків тільки до стадії пізньої бластули. Надалі, на початку гастрюляції (тобто утворення гаструли) в біосинтез ембріональних білків починає включатися м-РНК ембріона, що розвивається.

1.11.2. МІКРОХІРУРГІЧНЕ РОЗДІЛЕННЯ ЕМБРІОНІВ

Поділ цитоплазми зиготи з утворенням бластомерів відбувається у взаємно почергово перемінних площинах по меридіану й по екватору.

На стадії 8 бластомерів зародок може бути використаний як об'єкт ембріональних маніпуляцій. Унікальні мікрохірургічні досягнення дають можливість розділити його на 16 бластомерів, тобто з однієї зиготи можна одержувати 16 телят і більше. Межею розділення для трансплантаційних цілей є 32 бластомери.

До розділення допускаються ембріони доброї та відмінної якості на стадії морули або ранньої бластоцисти. Після розділення зародків їх за спеціальною технологією пересаджують реципієнту. Ембріони розділяють скляною голкою на предметному склі під мікроскопом.

1.11.3. ОСОБЛИВОСТІ ГЕННОЇ РЕГУЛЯЦІЇ БІОСИНТЕЗУ У ДОМАШНІХ ТВАРИН

Диференціація та спеціалізація клітин відбувається на етапі переходу зиготи із стадії бластули до стадії гаструли. *Гастрюляція* супроводжується утворенням трьох зародкових листів, із яких утворюються усі органи і тканини, а саме: *із ектодерми* – епідерміс шкіри і нервова система; *із ентодерми* – травні залози і слизова оболонка травного каналу; *із мезодерми* – м'язи, судинна система, органи розмноження, система виділення, кісткова і хрящова тканини. Цей етап розвитку називається *органогенез*.

Ріст і диференціація клітин та утворення з них спеціалізованих органів і тканин відбувається під контролем генетичної інформації, яка закладена в генах (ДНК).

Схематично ланцюг реалізації генетичної інформації має такий вигляд: ген (ДНК) → і-РНК → білок (фермент) → ознака.

На хромосомах ембріонів, на певних стадіях його розвитку, періодично з'являються потовщення, здуття, так звані *пуфи*, в яких транскрибуються відповідні і-РНК.

Встановлено, що одночасно у клітині працює 5% генів.

У регулюванні активності генів (їх транскрипції) беруть участь основні білки – *гістони*, які входять до складу хромосом.

Послідовність включення окремих генів і груп генів у різні періоди ембріонального росту регулюють також гормони.

По-перше, усі клітини організму виробляють свої гормони – *лейкіни*, які впливають на індивідуальний розвиток.

По-друге, є спеціальні залози внутрішньої секреції, такі як щитовидна, паращитовидна, підшлункова, надниркові залози, гіпофіз, епіфіз, статеві залози, які виділяють у кров гормони, що регулюють усі морфо-фізіологічні процеси в організмі.

У постембріональний період основна функція з координації росту і розвитку організму належить нервовій системі.

Разом з ендокринними залозами вона утворює єдину нейро-ендокринну систему.

1.11.4. КРИТИЧНІ ПЕРІОДИ РОЗВИТКУ

Критичні періоди розвитку – це періоди клітинної диференціації, при проходженні через які організм найчутливіший до дії зовнішнього середовища. Вони є попередниками основних процесів морфогенезу, коли відбувається перебудова типу обміну і синтезу білків.

Якщо в ці періоди розвитку організму відбувається значний вплив з боку температурних, хімічних або радіаційних факторів, розвивається патологія плоду.

Наприклад, при інкубації курячих яєць критичними періодами розвитку є 2-3-й день інкубації (починають формуватися органи кровообігу), 8-9-й день розвитку (відбувається диференціація органів і тканин) та 19-й день (посилюються процеси диференціації і починає змінюватися тип дихання).

У ВРХ відмічено підвищення ембріональної смертності в перші дні розвитку заплідненої яйцеклітини.

У процесі життя в організмі відбувається вікова зміна складу білків, обумовлена включенням нових генних комплексів. Найбільш виражено вікові зміни в синтезі білків проявляються з настанням статевої зрілості, під час вагітності та від народження маляти і до його першої годівлі.

1.11.5. ВІКОВІ ЗМІНИ ОЗНАК. ПРОЦЕС СТАРІННЯ ОРГАНІЗМУ

Протягом життя організму активність і спрямованість біологічних процесів змінюється: настають незворотні зміни в клітинах і органах, які складають у цілому *синдром старіння*.

Строки появи вікових змін визначаються генотипом. Упродовж онтогенезу змінюється склад білків організму, структура яких кодується генами.

Спостерігаються також вікові відмінності за кількістю і складом вуглеводів, жирів, мінеральних речовин. Вміст їх в органах і тканинах визначається не лише наявністю в кормах, але й обумовлений дією ферментів, тобто теж визначається генетично.

Старіння організму відбувається у зв'язку із старінням самої ДНК. На пізніх стадіях онтогенезу фізико-хімічні властивості ДНК змінюються: втрачаються її окремі ділянки, з'являються розриви, хромосомні аберації.

Крім того, в молекулах ДНК накопичуються помилки синтезу ДНК, мутації. Репаративні системи не встигають їх виправляти. Все це призводить до того, що клітини через 50-60 циклів поділу гинуть.

Отже, система генів програмує не тільки процеси розвитку, але й загибелі організму.

1.11.6. ВИКОРИСТАННЯ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ ДЛЯ НОРМАЛІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ

Поряд з генотипом, зовнішнє середовище є важливим фактором індивідуального розвитку організму.

Причиною неповної реалізації можливостей генотипу в фенотипі є дія і наслідки різних несприятливих (стресових) факторів.

Основними шляхами, які сприяють нормальному розвитку організму тварин, є наступні:

1. створення нормальних умов для оптимального розвитку господарсько-корисних ознак.

2. забезпечення організму, що розвивається, необхідними поживними речовинами в оптимальній кількості та співвідношенні.

3. створення оптимальних умов взаємодії генів і цитоплазми, для чого використовуються різні методи. Зокрема, додаються в раціони тварин так звані премікси та інші біологічно активні сполуки.

Питання для самоконтролю:

1. Що собою являє ген?
2. Як впливають гени на формування ознак у еукаріот?
3. Як в онтогенезі здійснюється реалізація генотипу?
4. Чи впливають материнські гени на розвиток зиготи?
5. У чому полягає сутність теорії Ф. Жакоба і Ж. Моно про регуляцію синтезу і -РНК і білків?
6. Які ви знаєте критичні періоди онтогенезу?

1.12. ГЕНЕТИКА ПОВЕДІНКИ ТВАРИН

1.12.1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ

Генетика поведінки – розділ загальної генетики, який вивчає спадкову обумовленість поведінки тварин.

Це порівняно нова галузь знань, яка виникла на стику таких дисциплін як загальна генетика, біологія розвитку, психологія, етологія та екологічна фізіологія.

Предметом вивчення генетики поведінки є різні поведінкові реакції окремих особин (індивідуальна поведінка) або групи особин (групова).

Поведінка – це реакція організму на зміни зовнішнього або внутрішнього середовища. Зовнішніми факторами змін поведінки тварин можуть бути світло, температура, вологість, концентрація кисню, вуглекислого газу, аміаку, рН і т.д., внутрішніми – голод, біль, а також ті, які перейшли в безумовні рефлексії – статевий, материнство, стадний, самозахисту, конкуруючий, ознайомлення).

Поведінкові реакції мають адаптивний характер – вони сприяють виживанню конкретної особини або виду в цілому.

Поведінку тварин зумовлюють фактори екзогенного (зовнішнього) та ендогенного (внутрішнього) походження. Якщо ці фактори мають негативний вплив на тварин, їх називають стресорами, а реакцію – **стресом**.

Пристосованість поведінки полягає також у тому, що тварина здатна її модифікувати при набутті певного досвіду. Тобто, тварина “вчиться” визначати, які природжені і спадково зафіксовані реакції є для неї найкращими і відповідно до цього змінює свою поведінку.

Здатність до “навчання” є функцією центральної нервової системи і зумовлена генетично. “Навчання” (умовні рефлексії), поряд з інстинктами (складні природжені безумовно-рефлекторні реакції), забезпечують високу пристосованість поведінки.

Види поведінки тварин:

- Групова (соціальна)
- Репродуктивна
- Індивідуальна

Різновиди індивідуальної поведінки тварин:

• **Харчова** – має найбільше значення для зоотехнії, бо регулює продуктивність тварин. До неї відносяться всі види активності тварин, спрямовані на пошук і споживання корму. Залежить від способу годівлі тварин.

• **Материнська** – турбота про потомство (облизування малюка, годівля новонароджених, відкладання і насиджування яєць).

- *Дослідницька* – орієнтовні реакції, рух у бік подразника, маніпуляції з незнайомим предметом.
- *Комфортна* – підтримування чистоти тіла, вибір зручного місця для відпочинку та ін.

1.12.2. ВЧЕННЯ АКАДЕМІКА ПАВЛОВА І.П. ПРО ПОВЕДІНКУ ТВАРИН

Павлов І. П. – автор вчення про вищу нервову діяльність тварин. Він довів, що відповіді нервової системи на різні подразники протікають за рефлекторним принципом. *Приймання їжі, кліпання повік, вдих і видих — усе це рефлекси.*

Усі рефлекси Павлов І. П. розділив на дві групи:

- *Безумовні рефлекси* – природжені, передаються спадково. Вони є видовими, відносно постійними, здійснюються за участю спинного мозку, знаходяться під контролем кори головного мозку.
- *Умовні рефлекси* – індивідуальні, набуті рефлекторні реакції, які виробляються на базі безумовних рефлексів і допомагають тварині пристосовуватись до зовнішніх подразників.

Павлов І. П. зазначав, що якщо умовні рефлекси є корисними і залишаються незмінними упродовж ряду поколінь, то вони стають спадковими, тобто безумовними.



Класифікація типів вищої нервової діяльності тварин за І. П. Павловим

Найбільш бажаний тип – *сильний врівноважений рухливий*. Тварини цього типу зазвичай домінуючі, відрізняються високою продуктивністю

та пристосованістю до умов годівлі і утримання. Тварини *сильного врівноваженого інертного* типу малозбудливі, майже не спілкуються з іншими тваринами, повільно пристосовуються до зміни умов. У тварини з *сильним неуврівноваженим* типом гальмівний процес відстає від подразливого, тому вони відрізняються агресивністю і прагненням займати перші ранги. Тварини *слабкого типу* боязкі, важко пристосовуються до умов існування, часто переживають стрес.

1.12.3. ГЕНЕТИЧНА ОБУМОВЛЕНІСТЬ ПОВЕДІНКИ

Крім впливу екзогенних та ендогенних факторів, поведінка тварин зумовлюється також генетично.

У багатоклітинних організмів швидка пристосувальна реакція організму пов'язана із здатністю лабільних генів до перебудови. Відомо, що майже половина генів організму є лабільними і складаються з екзонів і інтронів.

Кінцевий результат поведінкових пристосувальних реакцій визначається нормою реакції кожного конкретного організму, тобто потенційними можливостями генів максимально виявитись за певних умов середовища. Ця норма реакції генотипу залежить як від біохімічної структури генів, так і від рівня регуляції їх активності.

Система регуляції активності генів складається з регуляторних і структурних генів. Регуляція синтезу білків-ферментів здійснюється на основі індукції і репресії (лекція №3 “Молекулярні основи спадковості”).

1.12.4. СТРЕС, ЯК АДАПТИВНА РЕАКЦІЯ ТВАРИН НА НЕСПРИЯТЛИВІ ФАКТОРИ

Стрес – це сукупність неспецифічних захисних реакцій організму тварини на сильний зовнішній подразник.

Ці реакції, спрямовані на підтримання найважливіших життєвих процесів у нормальних параметрах (адаптація), можуть призвести до **захворювання**. Реакція адаптації (пристосування) проходить три фази: неспокій (тривога), напруження, виснаження.

При утриманні тварин на великих промислових комплексах стреси виникають через обмежені площі і високу щільність поголів'я. При безприв'язному утриманні існує безперервна конкуренція за воду, корми і місце, що теж є стресом.

Стрес може виникати при різних ветеринарних і зоотехнічних заходах: перегрупування стада, зміна утримання, транспортування тварин тощо.

Вважають, що схильність до стресу зумовлена рецесивними генами, а стійкість – домінантними.

Виникнення стресів зумовлене також нестачею в організмі *кортизону* – антистресового гормону, який підвищує в крові при стресі рівень глюкози.

1.12.5. ЗНАЧЕННЯ ПОВЕДІНКОВИХ ОЗНАК В СЕЛЕКЦІЇ І ВИКОРИСТАННІ ТВАРИН

Генетична зумовленість реакцій поведінки дає можливість проводити селекцію з метою одержання тварин з легко керованою поведінкою.

Для цього необхідно залишати для відтворення тварин з таких родин і ліній, потомство яких успадковує високу продуктивність одночасно з бажаним типом нервової діяльності, стресостійкістю до промислових технологій та доброю адаптаційною здатністю.

Встановлено, що закріплення у тварин нових елементів поведінки, корисних для виробництва, відбувається протягом 10 поколінь.

У птахівництві, наприклад, ведуться досліді по селекції несучок, які при клітковому утриманні спокійно поведуться під час знесення яєць, а також несуть яйця з малої висоти, що запобігає бою шкаралупи.

Питання для самоконтролю:

1. Яке значення робіт І. П. Павлова у формуванні генетики поведінки?
2. Яка роль генотипу й умов середовища в розвитку поведінкових ознак тварин?

3. Які є види поведінки тварин?
4. Які є різновиди індивідуальної поведінки тварин?
5. Що таке умовні рефлекси?
6. Що таке безумовні рефлекси?
7. Які типи вищої нервової діяльності (ВНД) І. П. Павлов виділяв у тварин?
8. Який тип ВНД найбільш бажаний?
9. Причини і наслідки стресів у тварин?
10. Чи можливо використання генетично обумовленої поведінки тварин у практичній селекції?

1.13. БІОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ, ГЕНЕТИКА УСПАДКУВАННЯ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК

1.13.1. БІОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ МІНЛИВОСТІ ОЗНАК

Біометрія – це розділ варіаційної статистики, який вивчає методи математичної обробки варіюючих величин стосовно живих організмів.

Сучасна біометрія знаходить широке застосування при вирішенні багатьох проблем сільсько-господарського виробництва, зокрема в питаннях організації і проведення дослідів у рослинництві, тваринництві, годівлі, генетиці та селекції сільськогосподарських тварин, ветеринарії.

Теоретичною основою біометрії є теорія імовірності та закон великих чисел.

У біометрії найчастіше зустрічаються з такими термінами та поняттями:

Ознака – це особливість або властивість організму (надій, жива маса, масть, клінічні чи гематологічні показники і інші).

Кількісні ознаки – це такі властивості й особливості організму, які можуть бути виміряні в певних одиницях системи мір (надій - кг, середньодобовий приріст - г, вміст гемоглобіну в крові - мг, %) або порашовані (несучість, плодючість, кількість лейкоцитів в крові у 1 мм³ - шт). Успадковуються полігенно за типом складної взаємодії багатьох генів.

Якісні ознаки (або альтернативні) – не можуть бути виміряні або порашовані, а мають лише словесне описання (масть тварини, тип конституції, схильність до захворювання та інші). *Детерміновані однією парєю генів або взаємодією декількох пар неалельних генів.*

Варіювання – це різноманітність особин за тією чи іншою ознакою в межах однорідної за основними показниками групи.

Варіанта – це зафіксоване значення якоїсь ознаки у конкретній особини (x або V).

Генеральна сукупність – великий масив тварин, або інших біологічних об'єктів, які є предметом дослідження. Об'єм генеральної сукупності може бути різний і визначається поставленою метою. Це може бути вид, порода або її племінна частина, заводська лінія, породний тип.

Вибірка – це група особин генеральної сукупності, відібрана для конкретних досліджень за принципом випадковості.

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

Варіаційна крива – це графічне зображення варіаційного ряду. На горизонтальній осі (вісь абсцис) відкладають значення класів, а на вертикальній (вісь ординат) – частоти.

1.13.2. ОСНОВНІ СТАТИСТИЧНІ ПОКАЗНИКИ

1.13.2.1. Середні величини варіюючих ознак

Середнє значення ознаки вивчається різними методами в залежності від специфіки варіюючої ознаки, особливостей її варіювання та розміру вибіркової сукупності.

- **Середня арифметична (M)** – це показник середньої величини у відібраній групі особин, який характеризує середню варіацію цієї ознаки. Основна її властивість – сума відхилень кожної варіанти від середньої арифметичної досліджуваної вибірки завжди дорівнює нулю.

- **Середня виважена (M_0)** – є результатом усереднення середніх арифметичних декількох вибірок
- **Середня геометрична (G)** – застосовується для характеристик темпу росту, приросту популяції за певний період
- **Середня гармонійна (H)** – застосовується при усередненні швидкостей, що міняються (швидкість бігу коней на іподромах, швидкість молоковіддачі та ін.)
- **Середня квадратична (S)** – застосовується при розрахунку середніх площ, діаметрів, радіусів (d вовни, d лейкоцитів, еритроцитів, обхват дійки).

1.13.2.2. Показники мінливості або варіювання ознак

- **Ліміт** – найпростіший показник варіювання ознаки, характеризує її мінімальне і максимальне значення у вибірковій сукупності: $lim = X_{max} - X_{min}$
- **Середнє квадратичне відхилення (σ)** – основний показник мінливості. При нормальному розподілі варіант у варіаційному ряді відхилення по обидві сторони від середньої арифметичної на 1σ охоплює 68,3% всіх варіант вибірки, на 2σ – 95,5%, на 3σ – 99,7%.
- **Коефіцієнт варіації (C_v)** – також характеризує ступінь мінливості ознак, виражається у відсотках, використовується для порівняння ступеня варіювання різнойменних ознак. У залежності від числового значення коефіцієнта варіації виділяють мінливість сильну ($C_v >$ або дорівнює 15%), середню ($C_v > 5\% < 15\%$) та слабку ($C_v < 5\%$).

13.2.3. Помилки статистичних величин

Помилки статистичних величин або *помилки репрезентативності* (m) розраховують для того, щоб середні величини, одержані в вибірці, перенести для характеристики всієї генеральної сукупності, а також для оцінки вірогідності (імовірності) розрахованих статистичних показників вибірки.

13.2.4. Показники вірогідності статистичних параметрів

Отримують шляхом визначення так званого *критерію вірогідності* t , який розраховують діленням самого показника на його помилку. За величиною t судять про рівень їх вірогідності (p), який визначають за таблицею Стюдента.

13.2.5. Показники зв'язку між ознаками

- *Коефіцієнт кореляції (r)* – показує форму, напрямок та силу зв'язку, може коливатись в межах від 0 до ± 1 .
- *Коефіцієнт регресії (R)* показує, на яку величину змінюється друга ознака при зміні першої на одну одиницю вимірювання.

1.13.3. МІНЛИВІСТЬ ОЗНАК – “МАТЕРІАЛ” ДЛЯ ЕФЕКТИВНОЇ СЕЛЕКЦІЇ

Ефективність селекційно-племінної роботи залежить від багатьох факторів, зокрема, від мінливості, успадковуваності, повторюваності ознак, коефіцієнта кореляції між ними, величини інтервалу між поколіннями, інтенсивності відбору, точності і достовірності оцінки кількісних ознак, умов утримання та годівлі худоби та ін.

Джерелом для створення й удосконалення нових порід, типів, ліній і родин є спадкова мінливість. *У селекції тварин використовують мутаційну, комбінативну і корелятивну* спадкову мінливість.

Мутаційна мінливість. Цінність для селекції мають мутації, що обумовлюють бажані зміни. Наприклад, у ВРХ поява комолості є бажаною мутацією, оскільки комола худоба менше травмується на відгодівельних майданчиках, молочних комплексах та пасовищах.

Щодо полігенних ознак, таких як жива маса, молочна продуктивність, екстер'єр та інші, то специфічну мутацію, яка впливає на них, виявити важко. Однак у процесі еволюції виду відбувається безліч специфічних мутацій генів, що зумовлюють індивідуальні і групові (породні, лінійні, родинні) відмінності, які зберігаються природним та штучним відбором. *Загальновідомо, що від корів голштинської породи*

одержують значно більше молока, ніж від корів симентальської. Мутації спочатку відбуваються у однієї особини. Частоту прояву мутантного бажаного гена можна збільшити шляхом спрямованого відбору і створення певних умов середовища.

Більшість мутацій є шкідливими. Частоти небажаних рецесивних генів у популяціях невеликі, тому вони можуть проявлятися в більшості випадків при інбридингах. Через це в товарному тваринництві близькоспоріднене схрещування, як правило, не застосовують.

Генетичні дефекти завдають економічних збитків тваринництву, тому необхідно проводити генетичний моніторинг, тобто контроль за їх виникненням та визначення частоти поширення в популяції з метою елімінації тварин-носіїв цих мутацій.

Щоб визначити, чи має даний дефект генетичне походження, необхідна така інформація:

1. чи є в літературі повідомлення про спадковість даного дефекту;
2. чи не одержана дефектна тварина в результаті інбридингу;
3. чи проявлявся даний дефект у стаді в попередні роки.

Якщо відповіді на ці питання негативні, то дана аномалія, найімовірніше, зумовлена негенетичними факторами.

Комбінативна мінливість виникає при паруванні особин з різними спадковими властивостями. Досягають цього при міжвидовій гібридизації, міжпородному схрещуванні, при паруванні особин з контрастними властивостями, якщо розведення чистопородне. *Класичним прикладом комбінативної мінливості є успадкування кольору хутра у хутрових звірів (норки, лисиці) чи хутра каракульських овець.*

У селекції комбінативна мінливість використовується для поєднання генетичних особливостей різних порід і ліній, зокрема при створенні високопродуктивних кросів у птахівництві та гібридів у свинарстві.

Генотип тварин реалізується в певних умовах зовнішнього середовища. У тварин одного виду і породи спостерігаються значні індивідуальні відмінності, які визначають методами варіаційної статистики.

Мінливість найчастіше виражають **коефіцієнтом варіації (C_v)**.

Середній коефіцієнт варіації основних ознак великої рогатої худоби наступний: надій – 15-30 %, вміст жиру в молоці – 6-10, білка – 4-8, жива маса корів – 10-18, тривалість тільності – 1-2, сервіс-період – 40-60 %.

Корелятивна мінливість. Ступінь зв'язків між ознаками обчислюється коефіцієнтом фенотипової кореляції, значення якого коливається в межах 0 ± 1 . Кореляції між селекційними ознаками за напрямом можуть бути додатними і від'ємними, за величиною – високими (0,7 і більше), середніми (0,4-0,6) і низькими (0,3 і менше).

При додатній кореляції поліпшення однієї ознаки автоматично покращує іншу (вміст жиру – вміст білка). У той же час поєднання антагоністичних ознак (надій – вміст жиру у молоці) потребує тривалої племінної роботи з метою поступової перебудови кореляційних зв'язків між ними з використанням спеціальних методів селекції (*наприклад, використання плідників з позитивними зв'язками між селекціонованими ознаками*).

Фенотипова кореляція – це наслідок генетичних і середовищних факторів. Для проведення відбору тварин за декількома зв'язаними між собою ознаками більш надійною є **генетична кореляція** (*кореляція селекційної цінності*), яка обумовлена плейотропною дією генів або їх тісним зчепленням. Обчислення коефіцієнту генетичної кореляції (r_G) базується на подібності між родичами.

1.13.4. УСПАДКОВУВАНІСТЬ ОЗНАК, МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ЗНАЧЕННЯ В СЕЛЕКЦІЇ ТВАРИН

Ефективність селекційно-племінної роботи залежить від ступеня успадкованості ознак. Цей термін введений в генетику Д. Лашем. Успадковуваність ознаки відображає відносну частку спадкової мінливості у загальній фенотиповій мінливості. Ця частка вимірюється коефіцієнтом успадкованості (h^2). Його величина коливається від 0 до +1. Рівень успадкованості ознаки залежить від характеру дії генів.

Найкраще успадковуються морфологічні ознаки, найгірше – ознаки відтворної здатності. Ознаки продуктивності за ступенем успадкованості займають проміжне значення між зазначеними ознаками.

За узагальненими даними Н. А. Плохинського (1964), коефіцієнти успадкованості основних ознак ВРХ наступні: надою за лактацію – 0,00-0,67, вмісту жиру в молоці – 0,18-0,88, білка, цукру, сухих знежирених речовин – 0,60-0,78, постійності лактації – 0,10-0,30, тривалості лактаційного періоду – 0,19-0,26, сухостійного періоду – 0,05-0,60, міжотельного періоду – 0,00-0,14, плідності – 0,00-0,18, живої маси при народженні – 0,26-0,72, забійної маси (маса туші) – 0,69-0,73, висоти в холці – 0,34-0,86, обхвату грудей – 0,40-0,55, глибини грудей – 0,40-0,79, строкатості масті – 0,90-0,95.

Коефіцієнт успадкованості визначається шляхом використання двох методичних підходів – за схемою коефіцієнтів шляхів між спорідненими тваринами за С. Райтом (1921) та дисперсійним аналізом.

У першому випадку використовуються формули:

$$h^2=2r_{м/д}; \quad h^2=R_{м/д}; \quad h^2=2r_c; \quad h^2=4r_{нс},$$

де r , R – відповідно коефіцієнти кореляції і регресії між спорідненими тваринами: m – матері, d – дочки, c – сибси, $нс$ – напівсибси.

При використанні дисперсійного аналізу застосовується формула:

$$h^2=\eta^2_x=C_x/C_y,$$

де: η^2_x – показник сили впливу; C_x – факторіальна дисперсія; C_y – загальна дисперсія.

При використанні h^2 потрібно мати на увазі, що цей коефіцієнт відноситься до тієї популяції, в котрій він був визначений.

1.13.5. ОСОБЛИВОСТІ УСПАДКУВАННЯ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК

Кількісні ознаки характеризуються широким діапазоном варіювання. До них відносять господарсько-корисні ознаки (жива маса, надій, настриг вовни, яйценоскість) та фізіологічні (вміст гемоглобіну, кількість формених елементів крові, пульс, дихання).

В основу розвитку кількісних ознак покладена так звана полімерна модель успадкування. Суть її полягає в тому, що на розвиток кількісної ознаки впливає велика кількість неалельних генів подібної дії, котрі називаються полімерними або адитивними, тому що дія їх додається.

Успадкування кожної алельної пари генів підпорядковано законам Менделя і характеризується розщепленням в F_2 за генотипом $1AA : 2Aa : 1aa$. Явище полімерії виявлено шведським вченим Нільсоном-Еле (1908) при вивченні успадкування забарвлення зерен пшениці.

Успадкування кількісних ознак зумовлено також епістазом, алельною дією генів (домінування та наддомінування), тобто складним генетичним комплексом.

Полімерна модель дає можливість пояснити та узагальнити закономірності успадкування кількісних ознак у с.-г. тварин:

1. Середня арифметична у особин F_1 , як правило, буває проміжною між середніми батьківських форм, а мінливість ознаки наближається до її мінливості у батьків. Крива розподілу тварин F_1 за даною ознакою, як правило, розміщується між кривими розподілу (варіаційними кривими) батьків.

2. Середні арифметичні F_1 і F_2 приблизно однакові. Однак σ в F_2 значно більша, ніж в F_1 , бо частина особин в F_2 відхилилась до батьківських форм.

3. При зворотному схрещуванні нащадки також займають проміжне положення за середніми між F_1 та батьківською формою. Криві розподілу F_2 зсунуті ближче до батьківських форм.

4. Розміщення кривих розподілу F_3 залежить від того, з якої частини варіаційного ряду взяті для схрещування особини F_2 .

Знаючи ці закономірності, селекціонер може передбачити результати того чи іншого схрещування.

1.13.6. ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ТВАРИН ПОВТОРЮВАНOSTІ ОЗНАК

Повторюваність — це ступінь відповідності між декількома оцінками одних і тих же тварин за певною ознакою, одержаними в різний віковий період. Основними властивостями *коефіцієнта повторюваності* (r_w) є наступні: він характеризує генетичну обумовленість ознаки і є міркою верхньої межі коефіцієнта успадкованості, тобто $r_w > h^2$; визначає надійність поправок до ознаки; знаходиться в межах від 0 до +1.

Якщо $r_w < 0,4$, рівень повторюваності низький, 0,5-0,6 – середній, 0,7 і більше – високий. Селекція є ефективною при високій величині коефіцієнта повторюваності.

За літературними даними, величини r_w у молочної худоби знаходяться в таких межах:

- надій – 0,30-0,55;
- жирномолочність – 0,50-0,70;
- швидкість молоковіддачі – 0,60-0,80;
- тривалість міжотельного періоду – 0,01-0,15;
- індекс осіменіння – 0,13.

Коефіцієнт повторюваності обчислюється як коефіцієнт кореляції між суміжними оцінками ознаки, наприклад, між величиною надою за суміжні лактації у одних і тих корів.

Точнішим є метод визначення коефіцієнта повторюваності шляхом проведення однофакторного дисперсійного аналізу.

1.13.7. СЕЛЕКЦІЙНИЙ ЕФЕКТ ТА МЕТОДИ ЙОГО ВИЗНАЧЕННЯ

Результативність відбору вимірюється селекційним ефектом (R), який обчислюється за формулою:

$$R = Sd \times h^2 = i \times \sigma_p \times h^2,$$

де: R – селекційний ефект за покоління, Sd – стандартизований селекційний диференціал, i – інтенсивність відбору в стандартних одиницях, σ_p – фенотипове стандартне відхилення.

Інтенсивність відбору залежить від частки включених у відтворювальну групу тварин і визначається за спеціальною таблицею. Ця величина для різних категорій племінних тварин неоднакова: якщо для подальшого розведення залишають самок 60-80 %, то самців – 3-5 %.

Ефект селекції за один рік (R_ℓ) визначається шляхом ділення ефекту селекції за покоління на генераційний інтервал (ℓ). Цей показник у ВРХ складає в середньому 5 років, свиней – 2, овець – 3, коней – 6, курей – 1.

Ефект селекції залежить від точності і достовірності оцінки тварин та від умов їх утримання і годівлі, тому результативною племінна робота може бути лише в оптимальних умовах. У недостатніх умовах, де переважає природний добір, краще проявлять себе найвитриваліші тварини.

Питання для самоконтролю:

1. Що вивчає біометрія?
2. Основні відмінності між кількісними і якісними ознаками?
3. Що таке вибірка і генеральна сукупність?
4. Які є статистичні показники?
5. Що таке успадковуваність ознаки?
6. Які фактори впливають на величину h^2 ?
7. Що таке повторюваність?
8. Як у племінній роботі використовуються коефіцієнти успадковуваності і повторюваності?
9. Що таке селекційний диференціал і селекційний ефект?
10. Як розрахувати селекційний ефект за покоління та за рік?

1.14. ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦІЙ – ОСНОВА СЕЛЕКЦІЇ ТВАРИН

1.14.1. ПОПУЛЯЦІЯ ТА ЇЇ ГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА

Популяційна генетика як наука починається з досліджень датського фізіолога Йогансена, які він виклав у 1903 році у праці “Про успадкування в популяціях і чистих лініях”

Популяція – це група організмів (рослин, тварин), які належать до одного виду і займають чітко обмежений ареал (територію поширення).

Кожна популяція характеризується певним генофондом і генетичною структурою.

Генофонд – сукупність усіх генів і алелів, які мають члени даної популяції.

Генетична структура – певна концентрація алелів і генів у популяції. Вона під дією певних факторів із покоління в покоління змінюється. Ці зміни складають основу еволюційного процесу.

1.14.2. ОСОБЛИВІСТІ ПРИРОДНИХ І ШТУЧНИХ ПОПУЛЯЦІЙ

Природні популяції формуються в природних умовах, без участі людини (дікі рослини, тварини одного виду).

Природна популяція визначається як генетично різноманітна, досить поширена група особин одного виду, яка займає певну територію (ареал), відносно ізольована від інших і знаходиться в стані панміксії, тобто вільного схрещування.

Штучні популяції формуються людиною в процесі штучного відбору і створення специфічних умов середовища (сорти культурних рослин, породи, породні групи, зональні внутрішньопородні типи, стада свійських тварин, у тому числі сільськогосподарських).

Популяція сільськогосподарських тварин визначається як досить велика група особин для тривалого замкнутого розведення, що мають певну генетичну спільність і розводяться у відносно схожих умовах конкретної природно-господарської зони.

1.14.3. МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ПОПУЛЯЦІЙ

- **Метод генетичного аналізу** – порівняння фенотипових якостей батьків та нащадків;

- **Метод цитогенетичного аналізу каріотипу тварин** – особливо актуальний при оцінці плідників з метою запобігання поширенню хромосомних аномалій;

- **Еколого-фізіологічний метод** – дозволяє встановити вплив факторів середовища на стан популяції та ступінь реалізації генетичного потенціалу;

- **Математичний метод** – біометричними показниками та цифрами дозволяє чітко виразити стан та динаміку генетичної структури популяції, здійснити моделювання генетичних процесів.

1.14.4. ГЕНЕТИЧНА РІВНОВАГА ПОПУЛЯЦІЇ ТА ФАКТОРИ, ЩО ЇЇ ПОРУШУЮТЬ

Закон генетичної рівноваги Харді-Вайнберга. В ідеальних популяціях співвідношення генотипів *AA, aa, Aa* із покоління в покоління залишається постійним.

Частота алельних генів *A, a* у популяції визначається за формулою:

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

де *p* – частота домінантного гена *A*, *q* – частота рецесивного гена *a*

$$\text{або } p^2 \times q^2 = \left(\frac{2pq}{2} \right)^2,$$

тобто: популяція знаходиться в стані рівноваги, якщо частота домінантних гомозигот, помножена на частоту рецесивних гомозигот, дорівнює квадрату половини частот гетерозигот.

Умови рівноваги популяції:

- розміри популяції досить великі;
- популяція знаходиться в стані панміксії;
- нові мутації не виникають;
- відбір відсутній;
- популяція повністю ізольована (відсутній обмін генами).
-

Фактори, що порушують генетичну рівновагу популяції:

• **Мутації.** Їх характер залежить від алельного стану гена (домінантний чи рецесивний), від його дії на організм (летальна, сублетальна, субвітальна чи нейтральна), від характеру змін, які спричиняє мутантний алель (морфологічні, біохімічні).

• **Невипадкове схрещування** – порушення панміксії. У тваринництві це методи розмноження, серед яких найбільш вагомі – схрещування і споріднене розведення (інбридинг).

• **Дрейф генів** – випадкові зміни частоти генів у малочисельних популяціях, котрі не залежать від природного відбору.

• **Потік (міграція) генів** – випадкове чи передбачуване (людиною) внесення нових алелів в популяцію-реципієнта та видалення їх із популяції-донора.

• **Відбір** – повне або часткове усунення будь-якої групи особин від розмноження (природний і штучний).

1.14.5. ВПЛИВ МЕТОДІВ РОЗМНОЖЕННЯ ТВАРИН НА ГЕНЕТИЧНУ СТРУКТУРУ ПОПУЛЯЦІЇ

Особини, що паруються між собою, можуть бути спорідненими або неспорідненими. Парування споріднених між собою самок і самців називається *інбридингом* неспоріднених – *аутбридингом*.

Спорідненість між тваринами означає, що вони мають одного або декількох загальних предків, тому в їх генотипах наявні спільні алелі.

У практиці тваринництва застосовують такі типи інбридингу: батько х дочка, мати х син, брат х сестра (повні сибси), напівбрат х напівсестра (напівсибси), двоюрідні та троюрідні брати х сестри та більш віддалені родичі.

Найважливіші особливості дії інбридингу:

1. Інбридинг призводить до підвищення у нащадків частоти гомозиготних генотипів та зниження частоти гетерозигот при одночасному збереженні частоти алелів.

2. Інбридинг супроводжується зниженням життєздатності та плідності нащадків, народженням потвор, тварин з різними спадковими дефектами, які нерідко призводять до загибелі.

Комплекс негативних наслідків спорідненого розведення одержав назву *інbredна депресія*.

Схрещування впливає на генетичну структуру популяції залежно від його типу (промислове, поглинальне, відтворне), але у будь-якому випадку призводить до збільшення гетерогенності популяції.

Схрещування різних видів тварин і порід супроводжується **гетерозисом**. Під гетерозисом розуміють перевагу нащадків першого покоління над батьківськими формами за життєздатністю, витривалістю та продуктивністю.

1.14.6. ВПЛИВ ВІДБОРУ НА ГЕНЕТИЧНУ СТРУКТУРУ ПОПУЛЯЦІЇ

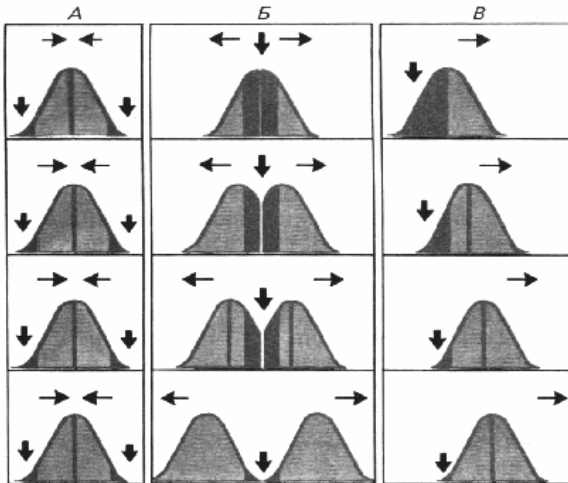
За характером дії на генетичну структуру популяції розрізняють три типи відбору. Показником дії кожного типу відбору служить збереження

або усунення фенотипів, які вступають у розмноження в наступному поколінні.

- **Стабілізуючий відбір.** Із популяції виводяться особини з крайнім рівнем варіюючої ознаки, зберігаються в ряді поколінь особини модального (середнього) класу, як найбільш пристосовані до умов зовнішнього середовища. *Має місце при “стандартизації” тварин в умовах великих тваринницьких комплексів.*

- **Спрямований відбір** виникає у відповідь на постійну зміну умов середовища і впливає на діапазон (розмах) фенотипів, які мають місце в даній популяції, зрушуючи середній фенотип в той чи інший бік. *Покладений в основу штучного відбору с.-г. тварин.*

- **Дизруптивний відбір** діє за коливань умов середовища, які можуть сприяти наявності у популяції не одного, а двох або декількох фенотипів. У результаті тиску відбору популяція виявиться розділеною на дві субпопуляції, кожна з яких може започаткувати новий вид. Зустрічається найрідше, але може відігравати важливу роль у виникненні еволюційних змін.



Характер дії основних типів відбору (затемнені області – фенотипи, які елімінуються відбором): А – стабілізуючий; Б – дизруптивний; В – рушійний (спрямований)

Питання для самоконтролю:

1. У чому відмінності природних і штучних популяцій?
2. Що таке генетична структура популяції?
3. Генетична рівновага популяції і фактори, що її порушують?
4. Що таке генетичний вантаж?
5. Що таке інбредна депресія?
6. Який вплив має інбридинг на генетичну структуру популяцій?
7. Що таке гетерозис? Які його особливості?
8. Які існують теорії гетерозису й інбредної депресії?
9. Яка роль гетерозису в практиці тваринництва?
10. Який тип відбору є основою селекції?

1.15. ГЕНЕТИКА РІЗНИХ ВИДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН

1.15.1. ВЕЛИКА РОГАТА ХУДОБА

1.15.1.1. Основні селекційні ознаки

Напрями скотарства – молочний і м'ясний. Основними селекційними ознаками ВРХ є надій за лактацію, вміст жиру і білка в молоці, жива маса, вираженість молочного чи м'ясного типу тілобудови, морфо-функціональні особливості вим'я, відтворна здатність і т.д. Більшість цих ознак мають полігенний характер успадкування.

Якісні ознаки у скотарстві не мають великого значення. Деякі з них служать показником належності до породи, наприклад масть, рогатість чи безрогість.

Для ВРХ встановлені породні відмінності за рівнем фенотипової мінливості основних продуктивних ознак.

Коефіцієнт варіації коливається за надосм в межах 15-30 %, за жирно- і білковомолочністю 4-10 %. Вважають, що у загальній мінливості надою 15-17 % її обумовлено рівнем годівлі, 10-30 % – віком тварин, 11-18 % – генотипом.

Широкою амплітудою коливань характеризується коефіцієнт успадкованості. Так, величина h^2 надою корів становить 0,20-0,25,

вмісту жиру і білка в молоці – 0,40-0,60, живої маси корів – 0,25-0,30, відтворної здатності корів 0,05-0,10, морфологічних ознак – 0,50-0,70.

1.15.1.2. Характеристика каріотипу

Для ВРХ нормальна диплоїдна кількість хромосом в соматичних клітинах становить $2n=60$. Сюди входить 58 аутосом і дві статеві хромосоми (58+XX-самка та 58+XY-самець). Усі аутосоми є акроцентриками; статеві хромосоми мають субметацентричний тип.

У ВРХ виявлено багато спадкових хвороб і аномалій, обумовлених відхиленнями у будові хромосомного апарату, так, анеуплоїдія спостерігається у ВРХ у 7,6 % клітин кісткового мозку. Транслокація часто спостерігається у акроцентричних хромосомах, найчастіше поєднуються центромерами 1- найбільша і 29-найменша хромосоми. Цей тип транслокації названий робертсонівським. Максимальна частота транслокації робертсонівського типу у ВРХ знаходиться в межах 30-40 %.

1.15.1.3. Групи крові і поліморфізм білків

ВРХ відкрито понад 56 генетичних поліморфних систем білків і ферментів крові, еритроцитів, лейкоцитів, молока і тканин.

У ВРХ виявлено 12 систем груп крові, в які входить понад 100 антигенів. Найскладнішою є система В.

1.15.1.4. Спадкові хвороби й аномалії

У с.-г. тварин виявлено більше 130 спадкових аномалій і захворювань. Зокрема у ВРХ їх зареєстровано 46, коней – 10, свиней – 18, у овець – 15, курей – 45.

У ВРХ виявлені такі аномалії: домінантна – ахондроплазія (бульдоподібні телята); рецесивні – відсутність шерсті (гинуть), відсутність кінцівок, муміфікація плоду, параліч задніх кінцівок, укорочення хребта (народжуються мертвими), загальна водянка, анкілоз (цілковита нерухомість) суглобів, зміщення зубів (гинуть при народженні), відсутність ануса, мозкова грижа, укорочення або відсутність нижньої щелепи, природжені судороги (гинуть); подовження строку тільності на 20-90 днів (телята мертві) та на 80-100 днів (телята

витають хірургічним шляхом), дисфункція вилочкової залози (гинуть через два тижні після народження), гіперемія (надмірний розвиток судин шкіри і слизових оболонок, викидні тощо).

1.15.1.5. Генетичні основи відтворної функції

Останнім часом велику увагу звертають на вивчення відтворної функції ВРХ, тому що її порушення завдають господарствам великої економічної шкоди. Ця проблема особливого значення набула при штучному осіменінні.

Для оцінки відтворної функції використовують такі показники: вік першого отелення (скороспілість), тривалість міжотельного періоду (оптимальний не більше 12 міс.), тривалість сервіс-періоду (кількість днів від отелення до плідного осіменіння), індекс осіменіння (кількість осіменінь на одне запліднення), коефіцієнт відтворної здатності (відношення тривалості календарного року до тривалості міжотельного періоду).

Заслугує уваги також проблема багатоплідності корів, оскільки вона пов'язана з їх молочністю. Частота народження двійнят становить в середньому 4%, трьох телят – 0,7%.

1.15.2. ВІВЦІ

1.15.2.1. Основні селекційні ознаки

Вівчарство має декілька напрямів: тонкорунний, напівтонкорунний, грубововновий, смушковий, м'ясо-вовново-молочний. Основні господарсько-корисні ознаки овець успадковуються полігенно.

Найважливішими кількісними ознаками овець тонкорунних порід є настриг і вихід чистої вовни, довжина і товщина волокон, густина вовни, запас шкіри (складчастість), оброслість, а також плодючість і жива маса.

Коефіцієнт кореляції між настригом вовни і живою масою тонкорунних овець становить 0,37-69, густиною вовни 0,44-0,50, довжиною волокон 0,21-0,37, їх товщиною 0,28-0,44, складчастістю шкіри 0,25-0,37.

Коефіцієнт успадкованості виходу митої вовни овець тонкорунних порід становить 0,3-0,6, діаметра волокна 0,2-0,5, густоти вовни 0,4-0,6, живої маси 0,3-0,5 і багатоплідності 0,10-0,15.

Основною якісною ознакою овець є масть, а у смушкових порід (каракульська, сокальська) забарвлення, форма і тип завитка.

Складна спадкова обумовленість пігментації каракульських овець виражається в наявності у них чорного, сур, сірого, коричневого, білого та рожевого забарвлення волосяного покриву ягнят. Чорний колір смушок є домінантним до багатьох інших забарвлень за виключенням сірого. Коричневе забарвлення рецесивне до чорного. Сірий колір утворюється в результаті змісту у вовновому покриві чорних і білих волосків, рожевий – білих і коричневих. Забарвлення сур характеризується зональним розміщенням пігменту вздовж волосу.

1.15.2.2. Характеристика каріотипу

Диплоїдний набір хромосом овець складає $2n=54$. Проте існує внутрішньовидовий поліморфізм за кількістю хромосом ($2n=56, 58, 52$).

Каріотип овець представлений 26 парами аутосом та однією парою статевих хромосом (XX або XY). До складу аутосом входить три пари великих метацентриків і 23 пари акроцентриків різної величини. Статева X-хромосома – великий акроцентрик, Y – хромосома субметацентрик.

У каріотипі овець спостерігається анеуплоїдія та поліплоїдія (виявлена при дослідженні клітин кісткового мозку). Причому ця патологія зустрічається частіше, ніж у ВРХ. Знайдена також транслокація хромосом Робертсонівського типу.

Спостерігається патологія хромосомного апарату за статевими хромосомами, при цьому утворюються інтерсекси.

1.15.2.3. Групи крові і поліморфізм білків

У овець виявлено 16 систем груп крові, які налічують 89 алелів та 27 поліморфних систем білків і ферментів.

1.15.2.4. Спадкові хвороби й аномалії

До спадкових аномалій відносяться м'язова дистрофія, параліч кінцівок, деформація скелету, карликовість, природжена водянка, непрохідність стравоходу, відсутність ануса, фаланг, порушення функції печінки. Усі вони мають рецесивний тип успадкування.

У плідників деяких тонкорунних порід часто спостерігається крипторхізм – неопущення яєчок у мошонку, велику економічну шкоду романівському вівчарству приносять легеневі захворювання ягнят. Уже понад 200 років відоме таке захворювання овець, як скрепі. Проявляється після 2-3-річного віку у вигляді слабкості, хитання і втрати координації руху та схуднення. Загибель тварин досягає 30%. Скрепі обумовлено дією рецесивного аутосомного гену *s*.

1.15.3. ГЕНЕТИКА СВИНЕЙ

1.15.3.1. Основні селекційні ознаки

Біологічні особливості свиней: висока плодючість (багатоплідність свиноматок становить 9-12 поросят); досить швидка зміна поколінь (генераційний інтервал складає 2,5-3 роки); висока інтенсивність росту (живої маси 100 кг підсвинки досягають на відгодівлі у віці 185-190 днів, середньодобовий приріст 650-700 г; висока подібність за анатомо-морфологічними властивостями з організмом людини.

Кількісні селекційні ознаки свиней: екстер'єр і конституція, середньодобовий приріст, жива маса в різні періоди онтогенезу, скороспілість, зокрема вік досягнення живої маси 100 кг, молочність, плодючість, забійний вихід, співвідношення м'яса і сала в туші, товщина шпику, хімічний склад м'яса і оплата корму.

Коефіцієнт успадкованості (h^2) окремих ознак складає: багатоплідність – 0,4; кількість поросят у віці 30 днів – 0,16; крупноплідність – 0,15; молочність – 0,27; середня жива маса поросят в 60 днів – 0,12; середньодобовий приріст – 0,35; довжина туші – 0,49; товщина шпику – 0,44; площа м'язового вічка – 0,37; кількість ребер – 0,35.

Якісні ознаки свиней: масть та пігментація шкіри. Ці ознаки характеризують породу. Чорна масть характерна для англійської чорної породи свиней, руда – для породи дюрок, біла – великої білої, української степової білої та інших. Чорний колір домінують над рудим, білий над чорним та червоним. У даний час відомо 6 локусів (А,С,Д,Е,І,В) і 20 алелів, які кодують масть свиней.

1.15.3.2. Характеристика каріотипу

У каріотипі домашніх свиней $2n=38$ хромосом, в тому числі 36 аутосом і дві статеві хромосоми Х і У. За будовою аутосоми свиней відносяться до таких типів: 5(1-5) крупні субметацентричні, 2(6-7) субметацентричні, 5(8-12) метацентричні, 6(13-18) акроцентричні. Статеві хромосоми Х і У належать до метацентриків. У домашніх свиней до 10% особин мають різні генетичні відхилення щодо чисельності статевих хромосом. Зокрема зустрічається триплоїдія ХХХ, тетраплоїдія ХХУУ, триплоїдія ХХУ і ХУУ та інші. Відносна чисельність інтерсексів у свиней досягає 12-15 %.

Відомі також різні типи транслокацій, за наявності яких ембріональна смертність складає 70-85% (норма 30-35), а окремі транслокації призводять до повної загибелі ембріонів. Транслокації знижують багатоплідність свиноматок на 40-45%, тому рекомендується здійснювати регулярний цитогенетичний аналіз їх каріотипу.

1.15.3.3. Групи крові і поліморфізм білків

У свиней виявлено 17 генетичних систем груп крові, які контролюють 83 еритроцитарних антигени та 29 систем різних форм білків і ферментів з 74 алелями.

1.15.3.4. Спадкові хвороби й аномалії

У свиней виявлені рецесивні аномалії: мозкова грижа, відсутність ануса, недорозвиток вушних раковин, потворство кінцівок, водянка мозку; та домінантні: червоно-коричневе забарвлення кісток і зубів, гемофілія, жовтуха ново-народжених.

1.15.3.5. Генетичні основи відтворної функції

Найкращим показником відтворної здатності свиноматки є величина інтервалу між опоросами на рівні 144 дні, що дозволяє одержати від неї 2,6 опороси, тобто в середньому 30 поросят за рік.

1.15.4. ГЕНЕТИКА КОНЕЙ

1.15.4.1. Основні селекційні ознаки

У сучасному конярстві виділяють такі напрями: племінне, транспортне, спортивне і м'ясне.

З якісних ознак важливе значення має масть. Успадкування масті коней обумовлене взаємодією 9 генів: С, В, А, Е, D, R, P, W, G. Вони спричиняють утворення гнідої, каурової, мишастої, чалої, вороної, сірої, саврасої, буланої, солової та інших мастей.

Основним кількісним показником при оцінці коней є їх працездатність, яка виражається швидкістю бігу та силою тяги при транспортуванні певного вантажу. Працездатність – комплексна ознака, обумовлена багатьма показниками, основними є жвавість, витривалість і хороший екстер'єр. Між величиною працездатності та цими показниками у чистокровної верхової породи коней виявлена у середньому висока пряма кореляція +0,633.

1.15.4.2. Характеристика каріотипу

У каріотип соматичних клітин домашніх коней входить $2n=64$ хромосоми, у тому числі 31 пара аутомосом і дві – статеві хромосоми (жіночі – XX, чоловічі – XY). При порівнянні домашнього коня з іншими видами цього роду виявлена велика різноманітність за кількістю хромосом: кінь Пржевальського – 66, домашній осел – 62, монгольський осел – 36, зебра сомалійська – 46, африканська – 44.

Цитогенетичними дослідженнями виявлені різні хромосомні перебудови та коливання кількості хромосом в каріотипі. Виявлені інтерсекси (гермафродити) з поєднанням статевих хромосом: XO, XX, XXU, XY.

1.15.4.3. Групи крові і поліморфізм білків

У коней виявлено 10 систем груп крові і 15 поліморфних систем різних білків і ферментів в сироватці крові та еритроцитах.

1.15.4.4. Спадкові хвороби й аномалії

У коней зареєстровано 12 летальних, 12 сублетальних і 40 субвітальних генів, які спричиняють різні спадкові захворювання та аномалії, зокрема: розпад еритроцитів (гемолітична хвороба), біла леталь, гідроцефалія, суха шкіра, депресія кори мозку, гемофілія, меланома, катаракта, пупочна грижа.

1.15.5. ГЕНЕТИКА ПТИЦІ

1.15.5.1. Основні селекційні ознаки

Серед сільськогосподарської птиці найбільш поширені кури. У даний час на Україні налічується понад 50 порід курей і багато внутрішньопородних груп. За напрямом і продуктивністю їх поділяють на яєчні, м'ясні, м'ясо-яєчні. Є також декоративні та спортивні породи.

Важливою селекційною ознакою курей яєчних порід є маса яйця, котра становить в середньому 55-60 г. Успадкування цієї ознаки – полігенне. h^2 маси яйця 0,36-0,80.

Полігенний тип успадкування характерний також для живої маси птиці, яка негативно корелює з яйцєноскістю.

Важливим показником є резистентність птиці до захворювань та стресових факторів.

Серед якісних ознак найкраще вивчена форма гребеня.

1.15.5.2. Характеристика каріотипу

Каріотип курей складається із 78 хромосом, качки – 80, індички – 82, цесарки – 74, гусей – 82. За набором хромосом самці і самки курей відрізняються. У птахів чоловіча стать гомогаметна, жіноча – гетерогаметна. Каріотип півня $76+ZZ$, курки $-67+ZW$.

У курей знайдені спонтанні та індуковані порушення нормальної кількості хромосом в каріотипі, зокрема моносомія і трисомія, хромосомні перебудови та транслокації.

1.15.5.3. Групи крові та поліморфізм білків

У курей виявлено 14 генетичних систем груп крові, котрі містять 96 алелів, та 26 поліморфних системи у сироватці крові.

1.15.5.4. Спадкові хвороби й аномалії

Виявлено спадково обумовлені аномалії в будові скелету, тканин та фізіологічних функцій. До них відносять: короткопалість, летальні зміни дзьоба, укороченість фаланг, безкрилість, відсутність нижньої щелепи, викривлення хребта і кіля, атрофія м'язів і т.д.

Питання для самоконтролю:

1. Чому дорівнює диплоїдна кількість хромосом у великої рогатої худоби, коня, вівці, курки, свині, норки, лисиці, соболя?
2. Що характерно для морфології хромосом великої рогатої худоби, коня, вівці, свині, курки?
3. Які показники h^2 основних господарсько-корисних ознак великої рогатої худоби?
4. Які показники необхідні для розрахунку ефекту селекції великої рогатої худоби за основними господарсько-корисними ознаками?
5. Які показники використовують для оцінки відтворної функції корів?
6. Які показники h^2 основних господарсько-корисних ознак овець?
7. Які середні показники h^2 основних селекційних ознак свиней?
8. Які закономірності спостерігаються в успадкуванні масті коней?
9. Які закономірності встановлені в успадкуванні форми гребеня і забарвлення оперення курей?
10. Які показники h^2 основних селекційних ознак курей?

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

2.1. КЛІТИНА ЯК ГЕНЕТИЧНА СИСТЕМА, МІТОЗ, МЕЙОЗ ТА ГАМЕТОГЕНЕЗ

Мета заняття: вивчити механізм мітотичного, мейотичного поділу клітини та гаметогенезу (сперматогенезу та овогенезу) у тварин.

Теоретичне обґрунтування. Здатність клітин до відтворення – важлива властивість живої матерії. Способом відтворення клітин є поділ. Відомо три типи поділу: мітоз, амітоз і мейоз.

Мітоз – це непрямий поділ еукаріотичних клітин, що складається з ділення ядра (каріокінезу) і ділення цитоплазми (цитокінезу). Він супроводжується морфологічною перебудовою ядер і цитоплазми клітини. Це є безперервним процесом, у якому кожна стадія непомітно переходить в іншу, але для зручності вивчення виділяють чотири стадії: профазу, метафазу, анафазу і телофазу.

Профаза. Хромосоми поступово спіралізуються, внаслідок чого потовщуються, вкорочуються і стають помітні під мікроскопом. Вони складаються з двох вздовж закручених ниток – хроматид, які зв'язані між собою центромерами. Центромери помітні у вигляді світлих округлих зон. Центріолі, які утворюють клітинний центр, на початку профазу діляться і відходять до протилежних полюсів клітини. Між ними з ахроматинових ниток, до складу яких входить скоротливий білок – актин, починає утворюватись веретено поділу. Ядерця і ядерна оболонка поступово розпадаються, каріоплазма змішується з цитоплазмою. Хромосоми рухаються до екватора.

Метафаза. Хромосоми розміщуються у площині екватора, утворюючи метафазну пластинку. За допомогою центромер вони зв'язуються з нитками веретена. На стадії метафазу закінчується формування веретена поділу. Воно складається з ахроматинових ниток, які тягнуться від одного полюса клітини до другого. Одні нитки зв'язують два полюси клітини, інші – полюси клітини з центромерами. На стадії метафазу найзручніше вивчати кількість, розмір і форму хромосом.

Анафаза. Відбувається поздовжній поділ хромосом на дві хроматиди, які називають дочірніми хромосомами. Цей процес починається з поділу центромер на дві однойменно заряджені половини, які згідно із законом фізики відштовхуються одна від одної. Водночас за допомогою спеціального ферменту відбувається розрив водневих зв'язків між азотистими основами комплементарних нуклеотидів і скорочення ниток ахроматинового веретена. Отже, в результаті дії трьох сил (фізичної, хімічної і механічної) кожна хромосома ділиться на дві, які відходять до протилежних полюсів клітини.

Телофаза. У цій фазі хромосоми досягають полюсів і відбуваються процеси, взаємопротилежні до тих, які відбувалися у профазі. Формуються ядерця і оболонки нових ядер. Хромосоми подовжуються, набувають вигляду тонких ниток – деспіралізуються і втрачають здатність до забарвлення та стають невидимими для світлової мікроскопії.

Зовні клітини у вигляді кільця з'являється перетинка, яка поглиблюючись, ділить клітину навпіл, тобто відбувається цитокінез. Розподіл цитоплазми і органолідів, що в ній знаходились, проходять нерівномірно, проте з часом кількість їх у кожній клітині відновлюється.

На цьому закінчується поділ клітини.

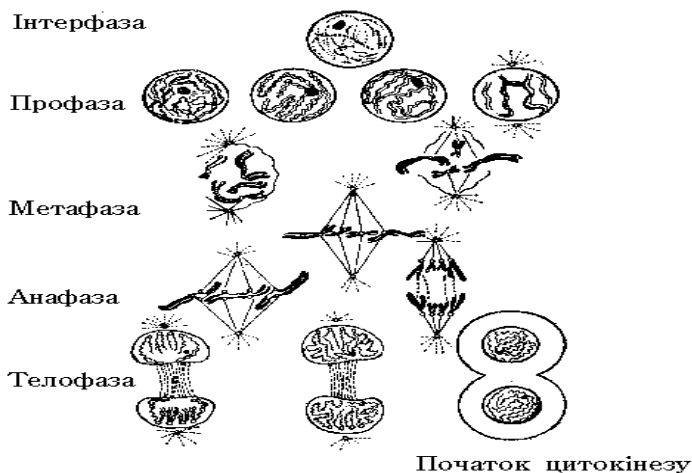


Схема мітозу

Отже, у результаті мітозу із однієї материнської клітини утворюється дві дочірні, кожна з яких дістає однакову кількість хромосом. Це забезпечує утворення генетично рівноцінних клітин, тобто зберігається стала спадковість у кількох клітинних поколіннях. У цьому полягає біологічне значення мітозу.

Період між двома поділами ядра називають інтерфазою. Інтерфазу в свою чергу поділяють на три періоди: G_1 – пресинаптичний (постмітотичний); S – синтетичний; G_2 – постсинаптичний (премітотичний).

Пресинаптичний (постмітотичний) період G_1 (від англ. *gap* – проміжок) починається після мітозу і продовжується до початку подвоєння ДНК. Це найдовший період інтерфази (від 50 до 90 % її часу). У цей час збільшується кількість цитоплазми, включаючи різні органоїди, а також протікають основні процеси життєдіяльності клітини (синтез м-РНК, ферментів та інших речовин).

Синтетичний період S (від англ. *synthesis* – синтез) – найкоротший період клітинного циклу – іде за пресинаптичним періодом G_1 . Його вважають ключовим, тому що у цей час відбувається синтез ДНК. Відповідно також збільшується кількість РНК, білків-гістонів і інших речовин, що призводить до збільшення розмірів ядра.

Постсинаптичний (премітотичний) період G_2 іде за періодом S . Його тривалість становить 1-10% часу клітинного циклу. Він характеризується рівномірним ростом ядра і цитоплазми. У цей період відбувається накопичення енергії, синтез спеціальних речовини для утворення мітотичного апарату та інші речовини. Після завершення цього періоду настає мітоз.

Співвідношення тривалості фаз клітинного циклу різне і залежить від типу клітин та виду організму.

Отже, протягом свого існування соматична клітина проходить певний життєвий цикл, який включає інтерфазу та мітоз.

Амітоз – це прямий поділ соматичних клітин без морфологічної перебудови їх ядер і цитоплазми. Амітоз не обов'язково повинен закінчуватися поділом цитоплазми, обмежуючись при цьому лише поділом ядра. Як наслідок утворюються багатоядерні клітини. Клітина, в

якій відбувся амітоз, надалі в нормальний мітотичний цикл не вступає, адже хромосоми розподіляються між дочірніми клітинами нерівномірно.

Амітоз зустрічається майже завжди у клітинах тканин, які вже віджили та приречені до загибелі та у клітинах тканин тимчасово існуючих утворів (клітини плідних оболонок, фолікулярні клітини яєчника). Амітозом діляться клітини і за різних патологій – запаленнях, регенерації, злякисному рості. Тобто, зустрічається у тих випадках, коли необхідне швидке накопичення маси клітин. Це є його біологічним значенням, якщо не брати до уваги злякисний ріст.

Мейоз – складний непрямий поділ незрілих генеративних клітин, внаслідок якого утворюються статеві клітини – гамети. Мейоз є особливим способом поділу клітини, у результаті якого відбувається зменшення (редукція) кількості хромосом і перехід клітин з диплоїдного стану у гаплоїдний.

Мейоз складається з двох послідовних поділів: I – редукційного і II – еквацийного. Фази редукційного і еквацийного поділу мають однакові назви (такі як у мітозі), лише фази редукційного поділу нумерують римською цифрою I, а еквацийного – цифрою II.

Редукційний поділ

Профаза I

Вона така тривала, що в ній розрізняють п'ять стадій: лептоному, зигонему, пахіному, диплоному і діакінез.

Лептонома (від лат. *leptos* – тонкий, *пета* – нитка) хромосоми мають вигляд тонких ниток, сильно деконденсовані. Вони складаються з двох хроматид, з'єднаних центромерою.

Зигонема (від лат. *zygeo* – з'єднувати, *пета* – нитка) відбувається кон'югація – попарне з'єднання гомологічних хромосом, яке починається з кінців хромосом. Цей процес нагадує застібання змійки. З'єднані у пари хромосоми називаються *бівалентами*. Вони складаються з чотирьох хроматид, які утворюють тетраду.

Пахінема (від лат. *pachys* – товстий, *пета* – нитка) – це гомологічні хромосоми, які з'єднані у біваленти, переплітаються між собою, та ще більше спіралізуються, вкорочуються і стають добре помітними у вигляді товстих ниток. На цій стадії відбувається кросинговер (crossing over –

перехрест) – обмін ділянками між гомологічними хромосомами. Кросинговер – важливе в генетичному розумінні явище, у результаті якого відбувається перекомбінація генів.

Диплонема (від. лат. *diplos* – подвійний, *nema* – нитка) хромосоми починають відштовхуватись одна від одної, тому у цей час під мікроскопом можна побачити перехрести, або хіазми (завдяки своїй схожості на букву X) хромосом. Вважається, що хіазма відповідає одному акту кросинговеру. Біваленти роз'єднуються у порядку, зворотному тому, який спостерігався при кон'югації. Спочатку поляризуються і розходяться центромери, потім по дві сторони від них роз'єднуються хромосоми.

Діакінез – відбувається максимальна спіралізація хромосом. Вони сильно вкорочуються і хіазми сповзають до кінців хроматид.

У профазі I відбуваються процеси, характерні для кожної профазі, тобто спіралізація хромосом, зникнення оболонки ядра і ядерця, поділ центросоми, розходження двох центріолей до протилежних полюсів і утворення веретена поділу.

Метафаза I – стає помітним веретено поділу, до ниток якого центромерами прикріплюються біваленти і розміщуються у екваторіальній площині. Їх удвічі менше диплоїдного набору хромосом. У кінці метафази тетради (біваленти) розпадаються на дві діади (дві пари хромосом).

Анафаза I – до протилежних полюсів розходяться не хроматиди, а гомологічні хромосоми (діади), які з'єдналися попарно у біваленти у профазі I. Хроматиди залишаються разом, а роз'єднуються гомологічні хромосоми. Однак через обмін фрагментами в результаті кросинговеру хроматиди не ідентичні, як на початку мейозу.

Телофаза I – на протилежних полюсах клітини утворюються гаплоїдні ядра, тобто кількість хромосом у дочірніх ядрах удвічі менша, ніж у вихідному материнському. Поступово зникають нитки веретена, відбувається цитокінез, який закріплює редукцію.

За телофазою I настає *інтеркінез* – короткий відпочинок між редукційним поділом, що завершився, та наступним – екваторіальним. У більшості випадків в інтеркінезі видимих змін в утворених клітинах не спостерігається. Здебільшого хромосоми безпосередньо переходять від телофази I до профазі II. Проте у деяких видів у цей час відбувається деспіралізація (розкручування) хромосом, але без подвоєння ДНК.

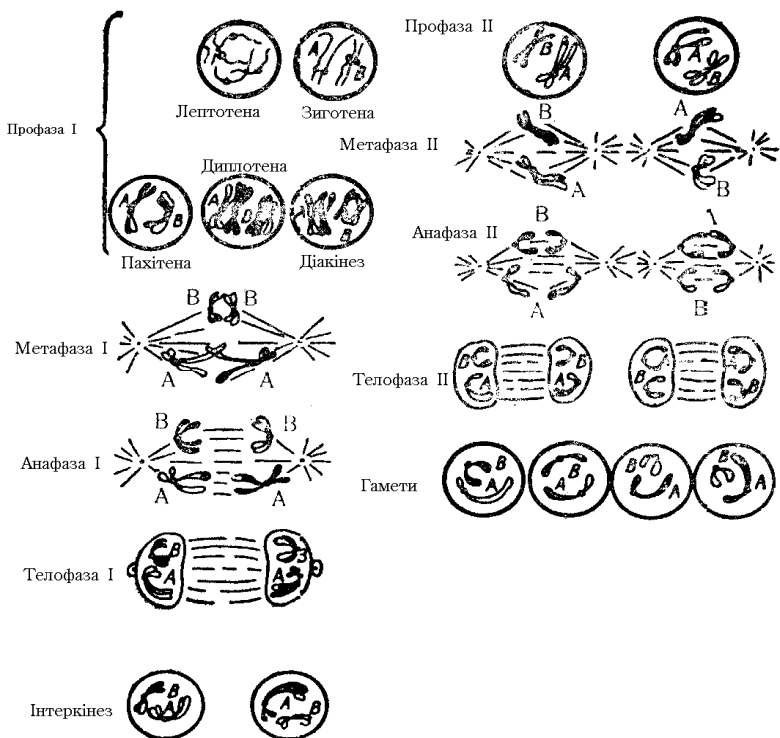


Схема мейозу

Еквіаційний поділ

Профаза II – зникають ядерце і ядерна оболонка, утворюється веретено поділу. Хромосоми спіралізуються, якщо вони деспіралізуються в інтеркінезі.

Метафаза II – це хромосоми, що складаються із двох хроматид, які прикріплюються центромерами до ниток веретена і розташовуються в екваторіальній площині.

Анафаза II – центромери діляться, якісно різні хромосоми розходяться і рухаються до протилежних полюсів.

Телофаза II – хромосоми припиняють рух, деспіралізуються, утворюються нові ядерні оболонки і ядерця, відбувається цитокінез. Утворилось 4 нових ядра, кожне з гаплоїдним набором хромосом.

Отже, мейоз – це складний непрямий поділ незрілих генеративних клітин, внаслідок якого утворюються статеві клітини – гамети. Він складається з двох послідовних поділів – редукційного і еквацийного. Перший редукційний поділ пов'язаний з поділом бівалентів – комплексів гомологічних хромосом, а другий, еквацийний – безпосередньо з поділом самих хромосом. У результаті мейозу з однієї диплоїдної клітини утворюються 4 гаплоїдні, генетично різні.

Комбінаторика спадкового матеріалу

На етапі редукційного поділу мейозу відбувається важливе в генетичному плані явище комбінаторики спадкової інформації – обмін ділянками між гомологічними хромосомами під час кросинговеру та перерозподіл колишніх материнських і батьківських хромосом у різних співвідношеннях і комбінаціях.

Кількість можливих варіантів співвідношень материнських і батьківських хромосом у гаметах завжди відповідає $1n+1$, тобто гаплоїдному набору хромосом конкретного виду плюс 1.

Перерозподіл хромосом з утворенням різної кількості варіантів їх співвідношень в гаметах залетить від розташування бівалентів на умовному екваторі у метафазі I, тобто від того, до якого полюса клітини зорієнтовані материнська і батьківська хромосоми кожного біваленту та від поділу бівалентів в анафазі I і розходження гомологічних хромосом до протилежних полюсів. Кількість комбінацій залежить від кількості пар гомологічних хромосом і підраховується за формулою 2^n , де n – кількість гомологічних пар.

Гаметогенез – це розвиток статевих клітин – гамет. Гамети розвиваються у статевих залозах – гонадах (сім'яниках і яєчниках).

Гаметогенез умовно поділяють на такі періоди:

1-й. Період розмноження – це інтенсивний мітотичний поділ гоноцитів (сперматогоній і овогоній).

2-й. *Період росту* – збільшення розміру клітин внаслідок збільшення кількості цитоплазми та їх перетворення на сперматоцити та овоцити першого порядку.

3-й. *Період дозрівання* – швидке проходження двох поділів, один за одним: редукційного – із утворенням сперматоцитів і овоцитів другого порядку та еквацийного – із утворенням сперматид і овотид.

4-й. *Період формування* – у сперматид – утворення хвостика; у яйцеклітин – вторинної оболонки і багатошарового фолікулярного епітелію навколо овотид.

У тварин первинні жіночі і чоловічі статеві клітини (*гонії*) утворюються в період ембріонального розвитку із зародкових клітин сперматогенного та овогенного епітелію за допомогою досить численних мітозів. Потім утворення чоловічих та жіночих статевих клітин набуває своїх особливостей.

Овогенез – утворення жіночих статевих клітин (яйцеклітин) відбувається у жіночих статевих залозах – яєчниках. Період розмноження (I період), тобто мітотичний поділ овогоній і утворення овоцитів першого порядку, здійснюється ще в період внутрішньоутробного розвитку. Так, наприклад, у майбутньої телиці, а потім і в корови, у 3-місячному віці внутрішньоутробного розвитку утворюється близько 40 тис. овоцитів першого порядку, які в період росту (II період) вкриваються клітинами фолікулярного епітелію. Після досягання організмом статевої зрілості починається період дозрівання (III період), під час якого відбувається мейоз овоцитів першого порядку. Під час редукційного поділу з диплоїдного овоцита першого порядку утворюються дві клітини: одна велика гаплоїдна – овоцит другого порядку і маленька гаплоїдна, майже позбавлена цитоплазми, – перше полярне тільце. Внаслідок еквацийного поділу з овоцита другого порядку утворюється одна велика клітина – овоцита (майбутня яйцеклітина) та одна маленька – вторинне полярне тільце, а з першого полярного тільця – дві маленькі клітини. У період формування (IV період) відбувається утворення вторинної оболонки яйцеклітини і багатошарового фолікулярного епітелію навколо оотид.

Отже, внаслідок двох етапів мейозу з одного овоцита першого порядку утворюються чотири клітини, серед яких одна велика – яйцеклітина і три маленькі – полярні тільця (полоцити). Завдяки полярним тільцям дозріла яйцеклітина звільняється від зайвих хромосом, а нерівномірний поділ цитоплазми забезпечує життєздатність основної яйцеклітини після запліднення.

Сперматогенез – це утворення чоловічих статевих клітин (сперматозоїдів) відбувається в чоловічих статевих залозах – сім'яниках. Паренхіма сім'яника складається із кількох тисяч покручених каналців, які зовні мають сполучнотканинну оболонку. За нею міститься базальна мембрана, а далі – шар клітин сперматогенного епітелію – сперматогонії. Сперматогонії на початку мейотичного поділу декілька разів діляться мітотично, тобто розмножуються (І період). Після цього завдяки росту (ІІ період) вони перетворюються на сперматоцити першого порядку з великим округлим ядром і диплоїдним набором хромосом. У період дозрівання (ІІІ період) з кожного сперматоцита першого порядку внаслідок редукційного (першого мейотичного) поділу утворюються два сперматоцити другого порядку з гаплоїдним набором хромосом. Із них після еквіаційного (другого мейотичного) поділу утворюються чотири гаплоїдні сперматиди. Це найдрібніші клітини сперматогенного епітелію, з яких під час формування (ІV період) утворюються сперматозоїди.

Отже, з кожного сперматоцита першого порядку утворюються чотири сперматозоїди з гаплоїдним набором хромосом. Два сперматозоїди мають статеву Х-хромосому і несуть програму на жіночу статі і два – У-хромосому і несуть програму на чоловічу статі.

У диких тварин сперматогенез відбувається сезонно у певні періоди року – восени або навесні, тоді як у свійських цей процес триває цілий рік, після досягання ними статевої зрілості. Інтенсивність сперматогенезу висока. Так, у бугая щодоби утворюється близько 12 млрд сперматозоїдів, а це означає, що за 1 с ділиться 32 тис. сперматоцитів першого порядку, з яких утворюється близько 130 тис сперматозоїдів.

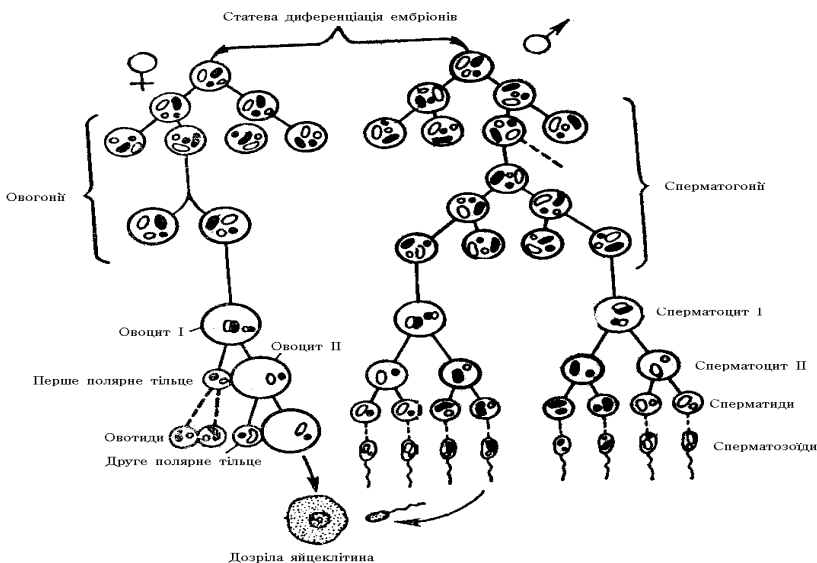


Схема гаметогенезу

З а в д а н н я

Описати та замалювати фази мітозу, мейозу та гаметогенезу.

Запитання для самоконтролю:

1. Якою є стадія мітозу, якщо у клітині помітні хромосоми, але немає ядерної оболонки та ядерця?
2. Як називається стадія мітозу, якщо в клітині добре видно веретено поділу, а всі хромосоми знаходяться в екваторіальній площині?
3. Які дві стадії мітозу взаємно протилежні за процесами, що в них відбуваються?
4. У соматичних клітинах великої рогатої худоби міститься 60 хромосом. Скільки хромосом матимуть дві дочірні клітини, які утворились шляхом мітозу?
5. Під час мітозу в культурі тканини людини відбулася елімінація однієї хромосоми. Скільки хромосом буде у двох дочірніх клітинах?

6. Яка фаза мейозу найтриваліша?
7. Як називається процес попарного з'єднання гомологічних хромосом під час мейозу?
8. Як називається пара кон'югованих хромосом?
9. Скільки хроматид входить до складу тетради?
10. Завдяки якому процесу здійснюється рекомбінація генів між гомологічними хромосомами під час мейозу?
11. Материнська клітина має 14 хромосом? Скільки хромосом відходить до кожного полюса в анафазі редукційного поділу? Скільки хроматид відходить до кожного полюса?
12. Скільки бівалентів утворюється в клітині, якщо: а) $2n=14$; б) $2n=28$; в) $2n=46$?
13. Скільки сперматозоїдів і з якою кількістю хромосом утворюється з одного сперматогонія, який містить 46 хромосом?
14. Скільки типів сперматозоїдів з різними комбінаціями хромосом утворюється з одного сперматогонія, який містить 2, 4, 8 хромосом?
15. Як багато типів яйцеклітин утворюється, якщо оогоній містить 4, 6, 24 хромосоми?
16. Утворилось 1000 сперматозоїдів, а диплоїдний набір хромосом в організмі дорівнює 2. Скільки утворилося сортів сперматозоїдів і в якій кількості?
17. Диплоїдний набір хромосом дорівнює двом. Самка продукує 100 яєць. Скільки буде сортів яєць? Скільки яєць кожного сорту?
18. Диплоїдний набір хромосом дорівнює чотирьом. У самця утворилось 200 сперматозоїдів. Скільки буде сортів сперматозоїдів? Скільки буде сперматозоїдів кожного сорту?

2.2. БУДОВА ХРОМОСОМ. КАРІОТИПИ

М е т а з а н я т т я: вивчити будову хромосом, описати каріотипи основних видів сільськогосподарських тварин.

Теоретичне обґрунтування. Набір хромосом соматичної клітини організмів, типовий для даного виду, називається каріотипом. У каріотипі хромосоми парні. Подвійний набір хромосом називається диплоїдним. Хромосоми, які відносяться до однієї пари, називаються гомологічними. Вони абсолютно однакові за розмірами, формою та іншими властивостями.

У хромосомах локалізовані носії спадкової інформації – гени. Найчіткіше форма і будова хромосом видна під час поділу клітини на стадії метафази.

Хімічний склад та морфологічна будова хромосом

Речовину, яка утворює хромосоми, називають хроматином, у склад його входить одна молекула ДНК та основні білки-гістони.

Хромосоми існують у ядрі протягом всього життя клітини, але залежно від стадії мають різну форму і величину.

В період інтерфази (відносного періоду спокою клітини) – це деспіралізовані нитки ДНК, довжиною у декілька сантиметрів та мають товщину 20-30 нм. У такому стані їх неможливо побачити під мікроскопом.

У період поділу клітини хромосоми спіралізуються і стають помітні у мікроскоп. Вони мають вигляд компактних тілець характерної форми, довжиною 1,5-10 мкм і товщиною 0,2-2 мкм. Для того, щоб хромосома могла прийняти такі розміри, вона повинна укоротитись в 10 тисяч разів, тобто сконденсуватися.

У період поділу клітини величезна молекула вигинається, утворюючи дрібні, щільно складені петлі, скріплені негістоновими білками, які називаються хромомерами. Вони розміщені на хромосомі через деякі проміжки. У склад одного хромомера входить 50-70 тисяч пар нуклеотидів, що відповідає розміру одного гена.

Наступна конденсація призводить до утворення хромонеми – це нитка, яка утворюється за рахунок зближення хромомерів. Хромонеми можна розгледіти під світловим мікроскопом. Хромонема конденсується і утворює хроматиду. Хромосома має одну або дві хроматиди залежно від фази ділення.

Мітотична хромосома оточена рибонуклеопротеїдами, білками і іншими речовинами – матрикс хромосоми, з яким хромосоми передають дочірніми клітинам матеріал, необхідний для формування ядра і початкового етапу білкового синтезу в молодих клітинах.

Повністю конденсована мітотична хромосома має два плеча – теломери, між якими є первинна перетяжка, або центромера (кінетохор) – ділянка, до якої приєднуються нитки веретена поділу.

Деякі хромосоми мають вторинну перетяжку. Вторинна перетяжка пов'язана з формуванням ядра, тому її називають ядерцевим організатором. Ця ділянка хромосоми має досить складну структуру та відповідає за синтез рибосомної РНК. Іноді вторинна перетяжка може бути дуже довга, а іноді вона відділяє від основного тіла хромосоми невелику ділянку, яка називається супутником.

Залежно від розміщення (локалізації) центромери хромосоми бувають:

- **рівноплечими** (метацентричними) (M), у яких центромера розміщена посередині або близько біля середини хромосоми. Плечовий індекс $I = 1-1,9$;
- **нерівноплечими** (субметацентричними) (SH), це хромосоми з плечима різної довжини. Плечовий індекс $I = 2-4,9$;
- **акроцентричними** (різке нерівнопліччя) (ST), де одне плече дуже мале. Плечовий індекс $I > 5$;
- **телоцентричними** – центромера розташована майже на самому кінці;
- бувають також акроцентричні хромосоми з вторинною перетяжкою;
- деякі хромосоми мають невелику ділянку, яка прикріплена до основного тіла лише тонкою ниткою – це є супутник.

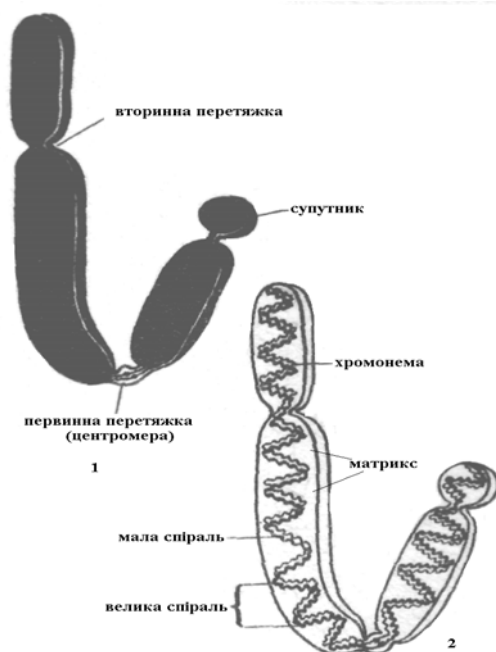


Схема будови метафазної хромосоми:
1 – морфологія; 2 – внутрішня структура хроматиди



Типи метафазних хромосом

1 – метацентрична (рівноплеча); 2 – субметацентрична (слабонерівноплеча); 3 – акроцентрична (різконерівноплеча); 4 – телоцентрична (одноплеча); 5 – центрична із вторинною перетяжкою; 6 – супутнича

Каріотипування хромосом. Щоб дослідити будову хромосом у різних тварин, зміни, які в них відбуваються, та різницю між хромосомами, проводиться процес ідентифікації хромосом, який має назву **каріотипування**.

Така методика досить складна і потребує спеціальної підготовки і технологічного обладнання. Хромосоми потрібно ідентифікувати за: формою, яка визначається розміщенням центроміри, наявністю вторинних перетяжок, супутників тощо. Для дослідження беруть препарати крові чи клітин. При вивченні структури хромосом застосовують два методи фарбування – диференційний та тотальний.

Препарати після фарбування фотографують і на відбитках визначають у першу чергу три основних параметри – центромірний індекс, плечовий індекс і відносну довжину.

Центромірний індекс – це відношення довжини коротшого з двох плечей до довжини всієї хромосоми.

Плечовий індекс – це відношення довгого плеча хромосом до коротшого, $I = q/p$.

Відносна довжина – це відношення абсолютної довжини даної хромосоми до загальної довжини всієї хромосоми в галоїдному наборі.

Вирізані з фотографії аутосоми галоїдного набору розміщують зліва направо в порядку зменшення їх довжини, тобто будують **ідеограму**.

Крім того будується **каріограма** – розміщення гомологічних пар хромосом також зліва направо – у міру зменшення довжини хромосом. Статеві хромосоми розміщують в кінці каріограми.

Визначаючи **особливості каріотипів** основних видів сільськогосподарських тварин, враховують загальну видову специфіку, відмічають кількість хромосом, їхню структуру, відношення еу- та гетерохроматинових зон, наявність генних комплексів.

Найчастіше зустрічаються каріотипи, що можуть нараховувати від 10 до 60 хромосом, але відомі і з двома, а також десятками і навіть сотнями хромосом.

У всіх статевих клітинах живих організмів одинарний або гаплоїдний набір хромосом ($1n$), у результаті злиття двох гаплоїдних статевих клітин

утворюються соматичні клітини з подвійним, або диплоїдним набором хромосом (2n).

У диплоїдному наборі розрізняють гомологічні і статеві хромосоми.

Гомологічні хромосоми, або аутосоми – це парні хромосоми диплоїдного набору, які мають однакову форму, розмір та розміщення гетеро- і еухроматинових ділянок. У цій парі одна хромосома – материнська, друга – батьківська.

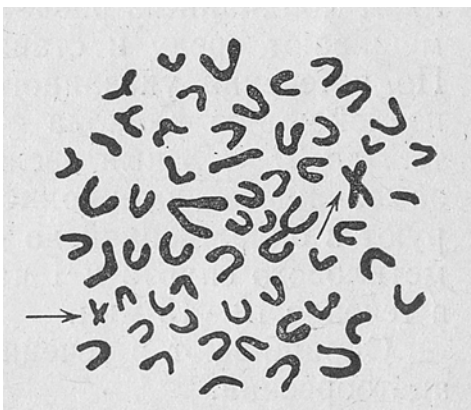
Статеві хромосоми – це пара негомологічних хромосом диплоїдного набору, за якими розрізняються самці і самки.

Диплоїдний набір хромосом сільськогосподарських і домашніх тварин

Організм	2n	Організм	2n
Кінь	64-66	Кріль	44
Осел	62	Норка	30
Свиня домашня	38-40	Курка домашня	78
Кабан дикий	36	Індик	82
Вівця домашня	54	Качка	80
Велика рогата худоба	60	Окунь	48
Коза домашня	60	Сазан	104
Кішка	38	Карась	94-100
Лисиця	38	Бджола медоносна самець самка	16 32
Собака домашній	78	Шовкопряд шовковичний	56

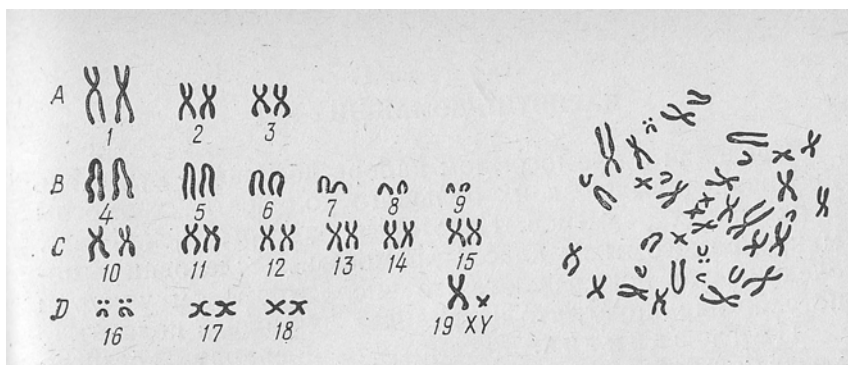
Більш детально пропонується вивчення каріотипів трьох видів сільськогосподарських тварин: великої рогатої худоби, свині і курей.

Каріотип великої рогатої худоби: у диплоїдному наборі соматичних клітин міститься 60 хромосом (30 пар). Ідентифікувати хромосоми досить важко, бо 29 пар аутосом є акроцентричними і не відрізняються одна від одної за положенням центромери. Статева Х-хромосома велика метацентрична, а Y-хромосома – дрібна субметацентрична.



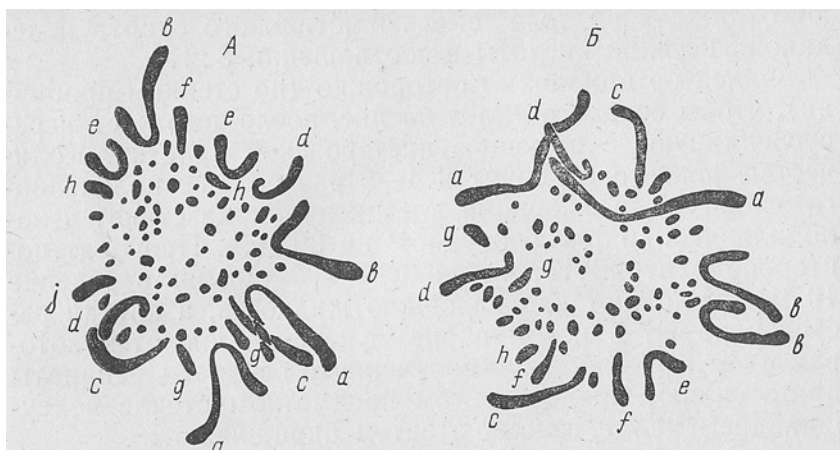
Диплоїдний набір хромосом великої рогатої худоби (метафазна пластинка із культури лейкоцитів бугая, стрілки вказують на статеві хромосоми

Каріотип свиней містить 38 хромосом. На основі вивчення величини, морфології і положення центромер хромосоми поділяють на 4 групи: А, В, С і D. До групи А відносяться три пари крупних субметацентричних хромосом з плечима нерівної довжини. Найкрупніші хромосоми I пари. Хромосоми II і III пар значно коротші, їх довжина приблизно дорівнює довжині великого плеча першої хромосоми. До групи В відносять усі акроцентричні хромосоми. Їх 6 пар (IV-IX). Центромера у них розміщена поблизу одного з кінців, завдяки чому вони мають вигляд шпильки. Хромосоми цієї групи диференціюють за довжиною. Найкрупніші хромосоми IV пари, наближаються за розмірами до хромосом I пари. V і VI пари акроцентриків групи В наближаються за розміром до хромосом II і III пар групи А. Хромосоми VII, VIII і IX пар значно коротші. До групи С відноситься 6 пар (X-XV) субметацентричних хромосом середнього розміру. Вони приблизно однакової довжини і дуже схожі між собою. До групи D відносять 4 пари (XVI-XIX). Це метацентричні хромосоми з плечима рівної довжини. Пара XVI відрізняється від інших метацентриків наявністю вторинної перетяжки. Пари XVII і XVIII важко відрізнити одну від одної. XIX пара – статеві хромосоми, які чітко відрізняються від інших. X-хромосома найкрупніша серед усіх метацентриків, а Y-хромосома найменша серед них.



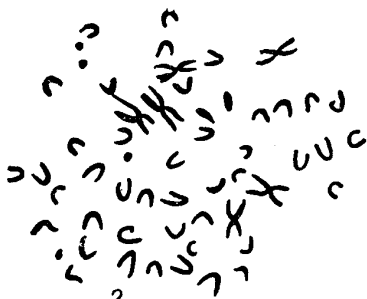
Каріотип і метафазна пластинка свині

Каріотип домашніх курей. У курей виділяють три групи хромосом: група А – макрохромосоми, що складаються з 5 пар хромосом, I пара – найкрупніші, субметацентричного типу, довжиною 10 мк, з майже рівними плечима. II пара – теж субметацентричні крупні хромосоми, але дещо дрібніші. III пара акроцентричного типу і за розмірами дорівнює великим плечам другої пари. IV пара субметацентричного типу. Її хромосоми дещо відрізняються за величиною і формою (гетероморфні). V пара – статеві хромосоми метацентричного типу (у півнів дві Z-хромосоми, у курей ZW). Z-хромосома найкрупніша серед усіх метацентриків (4-5 мк); W-хромосома у 10 разів менша (0,4-0,5 мк), відноситься до крупних мікрохромосом. Група В – субмакрохромосоми середнього розміру, VI, VII, XI – акроцентричні, V, VIII, IX, X – метацентричні. Група С – мікрохромосоми. Кількість їх при дослідженні варіює до 79 на відміну від макрохромосом, кількість яких постійна. У хромосомному наборі курей відмічається поліморфізм параметрів хромосом, особливо у I, II і IV парах. Це пояснюється наявністю гетерохроматинових і еухроматинових ділянок.



Каріотип півня (А) і курки (Б): a,b – субметацентричні, c, d, f, h – акроцентричні, e, g – метацентричні

Каріотип вівці. Має 54 хромосоми, в тому числі три пари метацентричних, 23 пари акроцентричних, велику акроцентричну Х-хромосому і маленьку метацентричну Y-хромосому.



Каріотип вівці



Каріотип коня

Каріотип коня має 64 хромосоми. Субметацентриками є: I-X пари аутосом і Х-хромосома; метацентриками: XI-XIII пари аутосом, акроцентриками XIV-XXXI пари аутосом і Y-хромосома.

Запитання для самоконтролю:

1. Як називається набір хромосом соматичної клітини організму?
2. Як називаються хромосоми однієї пари, однакові за розмірами та формою?
3. Які хімічні сполуки входять до складу хроматину?
4. У якому стані хромосоми перебувають у клітині на стадії інтерфази?
5. У якому стані хромосоми перебувають у клітині у період поділу?
6. Що таке теломіра?
7. Що таке центроміра?
8. Як називається хромосома, у якої центроміра розміщена посередині?
9. Як називається хромосома з плечима різної довжини?
10. Як називається хромосома, у якої одне плече дуже мале?
11. Як називається хромосома, у якої центроміра розміщена майже на самому кінці?
12. Як називається процес ідентифікації хромосом?
13. На якій стадії клітинного циклу можлива ідентифікація хромосом?
14. Як називається зображення аутосом гаплоїдного набору, розміщених зліва направо у міру зменшення їх довжини?
15. Як називається зображення гомологічних пар хромосом, розміщених зліва направо у міру зменшення їх довжини?
16. Як називається пара негомологічних хромосом диплоїдного набору, за якими відрізняються самець і самка?
17. Скільки хромосом у соматичних клітинах великої рогатої худоби?
18. Скільки хромосом у гаметах великої рогатої худоби?
19. Скільки хромосом містить каріотип свиней?
20. Скільки хромосом містить спермій кнура?
21. Скільки хромосом у соматичних клітинах курей?
22. Скільки хромосом у соматичних клітинах овець?

2.3. АНАЛІЗ ТАБЛИЦІ ГЕНЕТИЧНОГО КОДУ, ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БУДОВИ НУКЛЕЇНОВИХ КИСЛОТ ТА БІОСИНТЕЗУ БІЛКА

Мета заняття: вивчити будову нуклеїнових кислот, синтез білка, типи генних мутацій та навчитись моделювати ці процеси.

Теоретичне обґрунтування

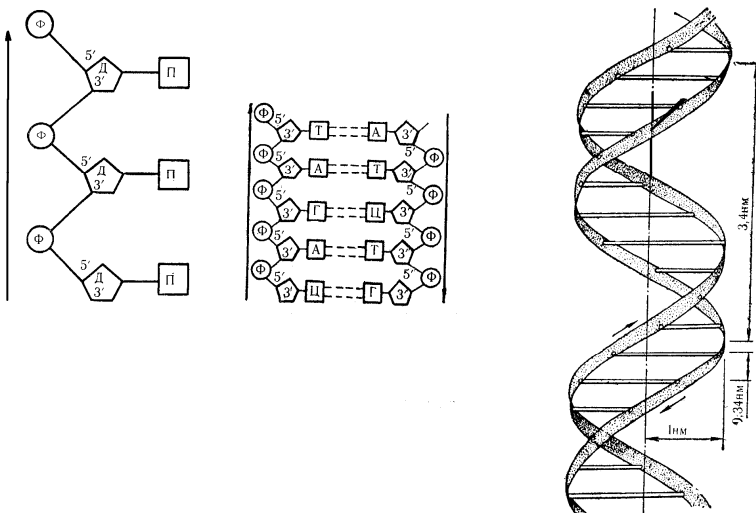
Будова нуклеїнових кислот Нуклеїнові кислоти – складні біологічні полімери, які складаються із більш простих сполук (нуклеотидів). Нуклеотиди ДНК складаються із залишку фосфорної кислоти (Ф), цукру – дезоксирибози (Д) і однієї з чотирьох азотистих основ: пуринових – аденіну (А), гуаніну (Г) і піримідинових – тиміну (Т) і цитозину (Ц).

Нуклеотиди РНК складаються із залишку фосфорної кислоти (Ф), цукру рибози (Р) і однієї з чотирьох азотистих основ: пуринових – аденіну (А), гуаніну (Г) і піримідинових – урацилу (У) і цитозину (Ц).

Нуклеотиди називаються за назвами азотистих основ, які входять до їх складу і позначаються початковими буквами їх назв: тиміновий (Т), гуаніновий (Г), аденіновий (А), цитозиновий (Ц), урациловий (У).

Нуклеотиди послідовно зв'язані один з одним у ланцюг за допомогою залишку фосфорної кислоти і молекули дезоксирибози (первинна структура ДНК). Одна молекула дезоксирибози зв'язується з однією молекулою фосфорної кислоти через вуглець у положенні 3, а з другою – через вуглець у положенні 5. Азотиста основа зв'язана з дезоксирибозою через вуглець у положенні 1. За таким самим принципом побудований і другий ланцюг молекули ДНК.

Обидва ланцюги з'єднані по всій довжині водневими зв'язками між азотистими основами, які знаходяться одна проти одної (вторинна структура ДНК). Основи з'єднуються за правилом комплементарності (взаємовідповідності). У ДНК аденін (А) завжди з'єднується з тиміном (Т) – подвійний водневий зв'язок, а гуанін (Г) – з цитозином (Ц) – потрійний зв'язок. У РНК аденін (А) завжди з'єднується з урацилом (У) – подвійний водневий зв'язок, а гуанін (Г) – з цитозином (Ц) – потрійний зв'язок.



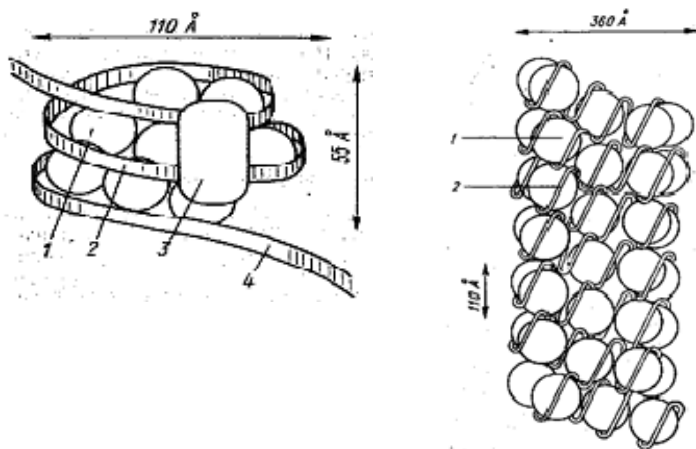
Будова молекули ДНК

Процес зв'язування окремих нуклеотидів у молекули ДНК і РНК називається полімеризацією.

Молекула ДНК складається із декількох тисяч нуклеотидів. Завдяки чергуванню чотирьох азотистих основ молекули ДНК нескінченно різноманітні.

Просторово молекула ДНК – вправозакручена дволанцюгова спіраль з діаметром близько 2 нм і кроком (повний оберт) 3,4 нм, який має 10 пар нуклеотидів, тобто кожний нуклеотид має розмір 0,34 нм (3,4 ангстрем).

Спіраль навивається (подібно до нитки на катушку) на особливий комплекс ядерних білків-гістонів, що утворюють так звану нуклеосому (третинна структура ДНК). На кожній нуклеосомі молекула ДНК робить близько двох обертів. Оскільки нуклеосом у хромосомі багато, то вона має вигляд намиста. Нуклеосоми у свою чергу об'єднуються у хроматинову фібрилу - соленоїд, на один його виток припадає 6-10 нуклеосом.



Просторова будова молекули ДНК

Додаткові ущільнення і утворення петель завершують формування хромосом (четвертинна структура ДНК). Завдяки такому механізму вдається вміститись клубочку ДНК діаметром 0,5 мкм в ядро, діаметр якого менше за один мікрон.

Передача спадкової інформації від одного покоління до іншого забезпечується здатністю ДНК до самоподвоєння (реплікації). Під дією ферментів подвійні нитки ДНК розплітаються, і кожна нитка добудовує другу - комплементарну.

Це відбувається в інтерфазі мітозу. На відміну від ДНК РНК є в основному одноланцюговою і не здатна у багатоклітинних організмів до ділення і самовідтворення.

ДНК всіх живих істот в цілому побудовані однаково. Проте у різних видів встановлене різне співвідношення молярної суми А+Т до молярної

суми Г+Ц (або комплементарних основ $\frac{T}{A}$ і $\frac{C}{G}$). Це співвідношення називають коефіцієнтом видоспецифічності. Відмічається тенденція до зменшення числа ГЦ-пар від прокаріот (одноклітинні організми) до еукаріот (багатоклітинні організми, в т.ч. с.-г. тварини).

Біосинтез білка

Генетична інформація реалізується через синтез певних білків, які є характерними для конкретного організму.

Ген – це ділянка молекули ДНК, яка містить інформацію про первинну структуру певного білка. У межах кожного гена є певні ділянки, які несуть інформацію: про білок – це екзони; про неінформативні ділянки – інтрони. Спадкова інформація є зашифрованою у молекулах нуклеїнових кислот за допомогою генетичного коду. Сутність коду полягає у тому, що послідовність амінокислот у білку визначається послідовністю нуклеотидів у ДНК або іРНК. Так як у рибосомах поліпептидний ланцюг синтезується у відповідності зі структурою іРНК, то під генетичним кодом, як правило, розуміють код іРНК.

Генетичний код є триплетним – кожна амінокислота кодується трійкою (триплетом) нуклеотидів. У коді є 64 триплети (кодони), але три з яких (УАА, УГА, УАГ) не відповідають жодній амінокислоті. Їх називають нонсенс-кодонами, які є сигналами про закінчення синтезу поліпептидного ланцюга. Генетичний код є виродженим, тому що всі амінокислоти, окрім метіоніну та триптофану, кодуються більше, ніж одним триплетом. Як правило, в кодонах, що визначають одну й ту саму амінокислоту, перші два нуклеотиди є однаковими, а на третьому місці – різними. Наприклад, амінокислоті гліцину відповідають кодони ГГУ, ГГЦ, ГГА, ГГГ. Під час розв'язування типових задач зазвичай називають перший кодон, що розміщений у генетичному коді.

У ході синтезу білка відбуваються такі процеси як: транскрипція, активація амінокислот і трансляція.

Транскрипція – це синтез іРНК за матрицею ДНК. Водневі зв'язки між ланцюгами розриваються, подвійна спіраль у цьому місці розкручується й за допомогою фермента РНК-полімерази синтезується молекула іРНК попередника (про-іРНК). При цьому переписуються й екзони, й інтрони.

У еукаріот після транскрипції відбувається *сплайсінг* – видалення ділянок про-іРНК, які відповідають інтронам, і з'єднання ділянок, які відповідають екзонам, внаслідок чого утворюється зріла іРНК.

Для рішення задач треба мати на увазі, що синтез іРНК (інформаційної або матричної - мРНК) відбувається не на будь-якому ланцюгу ДНК, а лише на одному, який названий матричним. Другий називають комплементарним.

Активация амінокислот – це з'єднання тРНК і амінокислот, збагачених енергією. Кожна амінокислота з'єднується з певною тРНК. Транспортна РНК має форму листка конюшини. Амінокислота приєднується до одного кінця тРНК (акцепторного), а на протилежному розміщений триплет нуклеотидів, який називається антикодоном.

Трансляція – це синтез поліпептидного ланцюга за матрицею інформаційної РНК. Етапи трансляції:

1. ініціація – початок трансляції;

2. елонгація – продовження трансляції – складається з однакових циклів, що багаторазово повторюються. Кожний цикл поділяється на три фази:

- в 1-й фазі в рибосомі міститься одна тРНК з певною кількістю амінокислот, потім надходить друга тРНК з однією амінокислотою;

- в 2-й фазі, якщо антикодон даної тРНК комплементарний кодонові іРНК, ланцюг амінокислот переноситься з першої тРНК на другу;

- в 3-й фазі рибосома переміщується по іРНК на один триплет. Перша тРНК виходить з рибосоми й знову може з'єднатися з амінокислотою.

3. термінація – закінчення трансляції. Сигналом цього є нонсенс-кодон.

Синтезована молекула поліпептидного ланцюга через ряд перетворень набуває об'ємну структуру, закручується у спіраль, набуває активності і лежить в основі прояву спадкових ознак організму.

Генні мутації.

Генні мутації виникають при зміні структури молекули ДНК шляхом:

а) заміни однієї або декількох пар нуклеотидів на інші пари;

б) перестановки нуклеотидів;

в) випадання (мінус-мутація) або включення (плюс-мутація) нуклеотидів.

Випадання і вставка одного або декількох пар нуклеотидів, їх перестановка призводить до порушення порядку зчитування коду, до помилок кодування і зміни послідовності амінокислот. Синтез білка порушується.

З а в д а н н я

1. В одному з ланцюгів молекули ДНК нуклеотиди розміщені в наступній послідовності:

- а) ТАТАГГЦАГАЦГ
- б) ГЦГТТАЦГТЦТ
- в) АГЦЦГАТГЦТАГ

Яка послідовність нуклеотидів в другому ланцюзі цієї ж молекули?

Зобразити водневі зв'язки між нуклеотидами.

2. Ділянка гену має наступні нуклеотиди:

- а) ААА ГАА АГА ТАА АТТ
- б) ТАЦ ЦАА АЦА ЦГГ АТА
- в) ГТТ ГГГ ЦТТ АЦЦ ЦЦА

Визначити відповідні нуклеотиди в іРНК. Які амінокислоти кодуються ними?

3. Нижче наведені послідовності азотистих основ в одному з ланцюгів молекули ДНК:

- а) А, А, Ц, Т, А, Г, А, Г, Т, А
- б) А, Ц, Г, Ц, Г, Т, Г, Г, Ц, А, Т, Ц, Г
- в) Т, Ц, Ц, А, Т, Г, Г, Г, А, Ц, Ц, Т

Підрахувати окремо число чотирьох видів азотистих основ подвійного ланцюга молекули ДНК. Чому дорівнює відношення комплементарних основ $\frac{T}{A}$ і $\frac{C}{G}$ в молекулі?

4. Скласти модель транскрипції і трансляції, якщо полінуклеотидний ланцюг ДНК, комплементарний матричному ланцюгу, містить наступну послідовність азотистих основ:

- а) АААТТАГГЦЦГА
- б) АГЦГЦТТГАГЦТ
- в) АГЦГЦАЦЦГТАГ

5. Один з ланцюгів ферменту має наступну послідовність амінокислот: тре-сер-аспн-мет-сер-ліз-тир... Які антикодони має тРНК? Яка послідовність структурних генів?

6. Молекула білка складається з 420 амінокислот. Визначити кількість триплетів, які кодують синтез цього білка. Визначити довжину гену, якщо відстань між нуклеотидами дорівнює 3,4 °А.

Довжина молекули транспортної РНК біля 240°А, вона складається з 70 нуклеотидів. Яка відстань між сусідніми нуклеотидами? Яка довжина рибосомної РНК, що складається з 4000 нуклеотидів?

7. Дослідження показали, що 34% загальної чисельності нуклеотидів даної і-РНК приходить на гуанін, 18% – на урацил, 28% – на цитозин і 20% – на аденін. Визначте відсотковий склад азотистих основ ДНК, копією якої є ця і-РНК.

8. В молекулі ДНК відстань між двома нуклеотидами близько 3,4 Ангстрем (А⁰). Визначте довжину ДНК, коли в одній гаметі ДНК міститься 10⁹ пар азотистих основ.

9. У молекулі ДНК одного виду тварин тимін становить 18% від загальної кількості нуклеотидів. Врахувавши комплементарність поєднання азотистих основ у молекулі ДНК визначте їх вміст (у %).

10. Білок складається з 150 амінокислотних залишків. Визначте: а) масу даного поліпептиду і б) масу кодуючого його гена.

Генетичний код

Перша літера	Друга літера								Третя літера						
	У		Ц		А		Г								
У	УУУ УУЦ	Фенілаланін (фен)	УЦУ УЦЦ УЦА УЦГ	Серин (сер)	УАУ УАЦ	Тирозин (тир)	УГУ УГЦ	Цистеїн (цис)	У Ц А						
	УУА УУГ	Лейцин (лей)			УАА УАГ	кінець синтезу	УГА	кінець синтезу							
							УГГ	Триптофан (три)	Г						
Ц	ЦУУ ЦУЦ ЦУА ЦУГ	Лейцин (лей)	ЦЦУ ЦЦЦ ЦЦА ЦЦГ	Пролін (про)	ЦАУ ЦАЦ	Гістидин (гіс)	ЦГУ ЦГЦ ЦГА ЦГГ	Аргінін (арг)	У						
					ЦАА ЦАГ	Глутамін (глун)			Ц						
													А		
А	АУУ АУЦ АУА АУГ	Ізолейцин (ілей)	АЦУ АЦЦ АЦА АЦГ	Треонін (тре)	ААУ ААЦ	Аспарагін (аспн)	АГУ АГЦ	Серин (сер)	У						
	АУГ	Метіонін (мет)			ААА ААГ	Лізін (ліз)	АГА АГГ	Аргінін (арг)	А						
									Г						
Г	ГУУ ГУЦ ГУА ГУГ	Валін (вал)	ГЦУ ГЦЦ ГЦА ГЦГ	Аланін (ала)	ГАУ ГАЦ	Аспарагінова кмслота (асп)	ГГУ ГГЦ ГГА ГГГ	Гліцин (глі)	У						
					ГАА ГАГ	Глутамінова кислота (глу)			Ц						
													А		
													Г		

2.4. МОДЕЛЮВАННЯ ГЕННИХ МУТАЦІЙ

Мета заняття: вивчити типи генних мутацій та навчитись їх моделювати.

Теоретичне обґрунтування. Генні, або точкові мутації – це зміни структури ДНК на ділянці певного гену, який кодує синтез відповідної білкової молекули. Вони призводять до утворення зміненого поліпептидного ланцюга, з іншим набором амінокислот та черговістю їх розміщення.

Генні мутації, які виникли в гаметах, передаються нащадкам і можуть впливати на подальшу долю популяції. Соматичні спонтанні мутації, які проходять в організмі, успадковуються лише дочірніми клітинами і можуть впливати лише на той організм, в якому вони виникли.

Завдання

1. Структурні гени ДНК містять наступні нуклеотиди:

- а) ГЦАТГЦГТЦЦАГ
- б) ТАГАГТТЦЦАГАГАГ
- в) ЦТГАГТЦГААЦААЦГ

Відбулася заміна п'ятого нуклеотиду Г на Т. Як зміниться структура поліпептидного ланцюга?

2. При мутації гену відбулось випадання 5-го і 7-го нуклеотидів на матричному ланцюгу ДНК (підкреслено):

- а) АГАААГЦАТЦЦА
- б) АЦТТГАТЦЦТТ
- в) ЦТААТГАТА

Як зміниться структура поліпептидного ланцюга?

3. Молекула ДНК має наступну послідовність нуклеотидів на матричному ланцюгу:

- а) ТАЦЦАТААГГЦЦАГА
- б) ЦЦАТЦГТАЦГАТАГЦ
- в) АГЦЦТТААЦАГАТЦ

Під дією мутагенного фактора відбулося включення одного нуклеотиду Ц між другим і третім нуклеотидами. Як зміниться послідовність амінокислот в поліпептидному ланцюгу?

2.5. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИ МОНОГІБРИДНОМУ СХРЕЩУВАННІ

Мета заняття: вивчити закономірності успадкування ознак при моногібридному схрещуванні та різні форми домінування ознак

Теоретичне обґрунтування. *Моногібридне схрещування* – це схрещування особин, які відрізняються між собою за однією досліджуваною ознакою.

Основні закономірності успадкування ознак встановив Г. Мендель.

Перший закон Менделя (закон одноманітності гібридів першого покоління): за схрещування гомозиготних форм, які відрізняються за однією ознакою, усі гібриди 1-го покоління будуть одноманітними.

Другий закон Менделя (закон розщеплення): за схрещування гібридів першого покоління між собою в другому поколінні спостерігається розщеплення ознак у співвідношенні 3 : 1.

Схрещування особин першого гібридного покоління з рецесивною вихідною формою називається аналізуючим. Якщо потомство від такого схрещування за даною ознакою однорідне, організм є гомозиготним, а якщо розщепилось - гетерозиготним.

У сільськогосподарських тварин зустрічаються різні форми взаємодії алельних генів: повне домінування, неповне домінування, домінування, залежне від статі, кодомінування, плейотропія, серії множинних алелів.

При рішенні задач на моногібридне схрещування слід пам'ятати, що генотип особини з рецесивними ознаками можна визначити зразу, оскільки він проявляється в гомозиготному стані. Фенотиповий прояв домінантних ознак можливий як у гомозиготному, так і в гетерозиготному стані. При неповному домінуванні гетерозиготи мають власний фенотип: у цьому випадку при моногібридному схрещуванні розщеплення за фенотипом і генотипом співпадають і становлять 1:2:1.

Розв'язання задач повинно містити:

1. Скорочений запис умови за допомогою генетичної символіки.
2. Аргументоване введення генів та визначення на їх основі фенотипів.
3. Відповідь на всі поставлені запитання.

З а в д а н н я

1. При спаровуванні гомозиготних корів голштино-фризької породи чорно-рябої і червоно-рябої масті з бугаєм чорно-рябої масті завжди в першому поколінні одержують тварин з чорно-рябою мастю. При спаровуванні тварин покоління F_1 між собою одержали 270 тварин з чорно-рябою мастю і 90 з червоно-рябою. Скласти схему успадкування масті в F_1 і F_2 .

2. До корів стада чорно-рябої породи підібрано два бугаї голштино-фризької породи чорно-рябої масті Ікс і Макс. Помічено, що при спаровуванні з бугаєм Іксом народжуються телята тільки чорно-рябої масті, а від Макса - і червоно-рябої. Дати пояснення цьому явищу. Хто обумовлює народження червоно-рябих телят (бугай чи корова)?

3. Комолість (P) у великої рогатої худоби домінує над рогатістю (p). Три корови спаровані з одним і тим же комолим бугаєм. Від спаровування з рогатою коровою 1 одержано рогате теля, від спаровування з рогатою коровою 2 - комолі теля, від спаровування з комолою коровою 3 одержано рогате теля. Встановити генотипи усіх батьківських особин.

4. У шортгорнської худоби гени червоної (R) і білої (r) масті в гетерозиготному стані дають чале потомство. Яка вірогідність, що при схрещуванні двох чалих шортгорнських тварин потомок буде чалим?

5. У тонкорунних овець зустрічаються особини з укороченими вухами (стріловидними), корновухі (безвухі), і з нормально розвинутою вушною раковиною (довговухі). Причому від схрещування довговухих (AA) з безвухими (aa) народжуються особини з укороченими вухами (середніми між батьками), а при розведенні F_1 “в собі” відбувається розщеплення потомства за фенотипом у співвідношенні: 1 довговухе : 2 з укороченими вухами : 1 безвухе. Як успадковується ця ознака?

6. Барани породи дорсетхорн мають великі і сильно розвинуті роги, матки хоч і рогаті, але їх роги значно менші, ніж у баранів. Барани і матки породи саутдаун комолі. При схрещуванні дорсетхорнів ($H'H'$) з матками породи саутдаун (hh) в F_1 барани рогаті, а матки комолі. Написати схему схрещування. Яке співвідношення фенотипів і генотипів буде в F_2 ?

7. У курей звичайне оперення домінує над шовковистим. Від двох звичайних за фенотипом гетерозиготних курок отримали 96 курчат.

Скільки з них матимуть звичайне оперення, а скільки – шовковисте?

8. Схрещування двох морських свинок з хвилястою шерстю дало 12 нащадків з хвилястою шерстю і 4 – з гладенькою. Яка частина свинок з хвилястою шерстю виявиться гомозиготною за цією ознакою?

9. У овець біле забарвлення (А) домінує на чорним (а). Вкажіть генотипи, фенотипи та їх співвідношення в наступних схрещуваннях:

а) АА х аа; б) Аа х АА; в) Аа х Аа.

2.6. СЕРІЇ МНОЖИННИХ АЛЕЛІВ

Мета заняття: вивчити закономірності успадкування ознак при множинному алелізмі.

Теоретичне обґрунтування. У сільськогосподарських тварин відомі серії множинних алелів різних ознак, гени яких позначаються однією буквою з різними індексами.

З а в д а н н я

1. У кроликів встановлена серія множинних алелів за мастю. Ген дикого забарвлення С, який обумовлює масть агуті, домінує над усіма алелями, які контролюють розвиток інших мастей: c^{ch} - шиншилла, c^h - гімалайська масть, c - альбінос ($C > c^{ch} > c^h > c$). Скласти схеми наступних схрещувань: а) шиншилла, схрещений з агуті, дає потомство альбіносів; б) при схрещуванні агуті з шиншилою одержано один кролик з мастю агуті і два з гімалайським забарвленням; в) при схрещуванні кролика агуті з кроликом шиншила були одержані кролики агуті.

2. У нутрій відома серія алелів локусу Т: Т, t^s , t^r , t^a . При генотипі $t^r t^r$ хутро має рожевий колір; $t^s t^s$ – бежевий, $T t^s$, $T t^r$, $T t^a$ – сріблястий; $t^s t^a$ – перламутровий. При схрещуванні гетерозиготних італійський сріблястих нутрій із бежевими самцями у першому поколінні одержали таких нащадків: 42 сріблястих і 44 перламутрових. При розведенні „в собі” у другому поколінні відбулося розщеплення на перламутрових, бежевих і сріблястих. Як успадковується масть нутрій? Визначити генотипи нащадків в F_1 та F_2 .

3. У курей в локусі Е встановлена серія із 6 множинних алелів:

Е обумовлює поширення чорного пігменту по всьому тілу (чорні

лангшани);

e^{wh} – напівдомінантний пшеничний (лососеві фаверолі; пшеничні бійцеві);

e^+ – дикий тип (найбільш близькі руді леггорні);

e^s – плямиста голова;

e^c – баттеркап (курчата з жовтим пухом, з вузькими поздовжніми смугами на спині і з плямами на голові);

e^y – рецесивний пшеничний.

Алелі утворюють такий послідовний ряд домінування: $E > e^{wh} > e^+ > e^s > e^c > e^y$. Які фенотипи нащадків можна чекати від таких схрещувань:

а) $Ee^y \times e^ye^s$;

б) $e^{wh}e^+ \times EE$;

в) $e^{wh}e^{wh} \times e^ye^y$.

4. У кішок є серія множинних алелів за геном C , який визначає колір шерсті: C – дикий тип, C^S – сіамські кішки (кремові з чорними вухами і чорними лапками), c – білі кішки з червоними очами (альбіноси). Кожний з алелів повно домінує над наступним ($C > C^S > c$). Від схрещування сірої кішки з сіамським котом народилося два кошеняти: сіамський та альбінос. Які ще фенотипи можуть вищепитися за цього схрещування? Яке розщеплення слід очікувати у потомстві від схрещування даного сіамського кота з білою червоноокою кішкою?

2.7. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИ ДИ- І ПОЛІГІБРИДНОМУ СХРЕЩУВАННІ

Мета заняття: вивчити закономірності успадкування ознак при ди- і полігібридних схрещуваннях.

Теоретичне обґрунтування. При розв'язуванні задач на полігібридні схрещування необхідно пам'ятати, що алельні пари генів розміщуються в різних парах гомологічних хромосом, наприклад, $\frac{A}{a} \frac{B}{b}$.

Внаслідок редукції числа хромосом під час гаметогенезу у гамету від кожної пари гомологічних хромосом потрапляє лише одна. При цьому

можуть виникати різні типи гамет (з різними комбінаціями хромосом), оскільки розходження хромосом кожної гомологічної пари в анафазі I мейозу незалежне.

При визначенні всіх генетичних параметрів полігібридних схрещувань доцільно користуватись нижченаведеною таблицею.

Число класів гібридних особин за фенотипом і генотипом і розщеплення в F₂ при різній кількості пар ознак (за умови повного домінування)

Схрещування	Кількість					
	Пар ознак	Типів гамет, утворюваних гетерозиготними особинами	Комбінацій гамет	Фенотипів в F ₂	Генотипів в F ₂	Співвідношення фенотипових класів
Моногібридне	1	2 ¹ =2	4 ¹ =4	2 ¹ =2	3 ¹ =3	3 : 1
Дигібридне	2	2 ² =4	4 ² =16	2 ² =4	3 ² =9	9 : 3 : 3 : 1
Тригібридне	3	2 ³ =8	4 ³ =64	2 ³ =8	3 ³ =27	27:9:9:9:3:3:3:1
Тетрагібридне	4	2 ⁴ =16	4 ⁴ =256	2 ⁴ =16	3 ⁴ =81	(3 : 1) ⁿ
Полігібридне	n	2 ⁿ	4 ⁿ	2 ⁿ	3 ⁿ	

З а в д а н н я

1. У великої рогатої худоби комолість (Р) повністю домінує над рогатістю (р), червона масть (R) – над білою (r). У шортгорнської породи гетерозиготні тварини за червоною і білою мастю мають чалу масть. Які гамети утворюють гомозиготні і гетерозиготні комолі і червоні тварини? Скільки і якого типу гамети утворюють рогаті і білі тварини? Яке потомство отримаємо в F₁ і F₂ від спарювання гомозиготної комолої білої корови з гомозиготним червоним рогатим бугаєм? Які фенотипи будуть при зворотному схрещуванні потомків F₁ з гомозиготним комолим білим і з гомозиготним червоним рогатим бугаєм?

2. Які типи гамет утворюються у тварини, гетерозиготної за чотирма парами генів? Яка частина потомства цих тварин від схрещування між собою може бути гомозиготною за всіма чотирма рецесивними генами?

3. Корова абердин-ангуської породи чорної масті (BB), комола (PP), з забарвленою головою (hh) була схрещена з червоним (bb), рогатим (pp) бугаєм з білою головою (HH), герефордської породи.

Якщо селекціонер задався метою вивести породу червоної масті, комолу, з білою головою, то яка частина потомства в F_2 буде мати бажаний фенотип і генотип?

4. У свиней ген білої щетини повністю домінує над чорною, а зрослопалість – над геном двоपालості. Є два білих кнури (А і В) із зрослопалими ногами. Кнур А при схрещуванні з будь-якими свиноматками дає біле потомство, але при схрещуванні з двоपालими половина потомства виявляється однопалим (зрослопалим), половина – двопалим. Кнур В при схрещуванні з чорними свиноматками дає половину білого і половину чорного потомства, а при схрещуванні з двоपालими свиноматками тільки однопалих потомків. Визначити генотипи кнурів, скласти схему схрещування. Чим відрізняються кнури один від одного?

5. У морських свинок кудлата шерсть та чорне забарвлення – домінантні ознаки, гладенька шерсть та біле забарвлення – рецесивні ознаки. Внаслідок схрещування кудлатої чорної свинки з гладкошерстою білою отримано 28 гладкошерстих чорних і 30 кудлатих чорних нащадків. Визначити генотипи батьків, скласти схему схрещування.

2.8. АНАЛІЗ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ РІЗНИХ ФОРМАХ ВЗАЄМОДІЇ ГЕНІВ

М е т а з а н я т т я: вивчити особливості успадкування ознак при різних формах взаємодії неалельних генів у сільськогосподарських тварин.

Теоретичне обґрунтування. В генотипі кожного організму існують гени, які діють не ізольовано, а взаємодіють між собою. Внаслідок такої взаємодії можуть виникати нові ознаки, яких не було в батьківських форм. Крім того, в F_2 часто змінюється формула фенотипового розщеплення, характерна для дигібридного схрещування.

Всі форми взаємодії генів наведені в таблиці.

Всі форми взаємодії генів

Форми взаємодії	Характер взаємодії	Розщеплення в F_2 за фенотипом	Розщеплення в F_2 за генотипом
Новоутворення	При сполученні генів А і В розвивається нова ознака. Гени А і В мають самостійну дію	9:3:3:1	$9A-B- : 3A-вв : 3aaB- : 1aавв$
Комплементарність	Гени А і В проявляються тільки разом, самостійної дії не мають	9:7	$9A-B- : (3A-вв + 3aaB- + 1aавв)$
Домінантний епістаз	Ген А подавляє прояв В і в	12:3:1	$(9A-B- + 3A-вв) : 3aaB- : 1aавв$
Рецесивний епістаз	Ген а подавляє прояв генів В і в	9:3:4	$9A-B- : 3A-вв : (3aaB- + 1aавв)$
Полімерія некумулятивна	Гени А і В діють на одну ознаку	15:1	$(9A-B- + 3A-вв + 3aaB-) : 1aавв$
Полімерія кумулятивна	Гени А і В діють на одну ознаку. Ступінь прояву ознаки залежить від числа домінуючих генів	1:4:6:4:1	$1AABB : (2AaBB + 2AABв) : (1AAвв + 1aaBB + 4AaBв) : (2Aaвв + 2aаBв) : 1aавв$
Гени-супресори (інгібітори)	Гени В і в не мають самостійної дії, але ген В подавляє ген А	13:3	$(9A-B- + 3aaB- + 1aавв) : 3A-вв$
Модифікуюча дія генів	Ген А посилює або послаблює дію гену В	-	-

З а в д а н н я

1. У курей в результаті взаємодії гену трояндоподібного гребеня (R) з геном горохоподібного гребеня (P) у потомства утворюється гребінь горіхоподібної форми. Рецесивні алелі обумовлюють простий гребінь. Який гребінь буде у потомства при наступному підборі батьків:

♀ RrPp x ♂ RrPp

♀ RRPp x ♂ rrPp

♀ rrrp x ♂ RrPp

2. При схрещуванні білих мінок (CCoo) з білими шовковистими курами (ccOO) в F₁ одержали потомство з забарвленим оперенням. Чим можна пояснити появу забарвлених курей в F₂? Скласти схему схрещування.

3. Породи курей з опереними ногами гомозиготні за двома парами домінантних генів A₁A₁A₂A₂, а породи з неопереними ногами – повні рецесиви (a₁a₁a₂a₂). При схрещуванні порід курей з опереними і неопереними ногами все потомство в F₁ однакове, з опереними ногами. Провести аналіз потомства в F₂.

4. При схрещуванні курей породи білий легторн (IIcc) з півнем породи білий плімутрок (iicc) в F₂ наряду з білими з'являються забарвлені потомки в співвідношенні приблизно 13 білих і 3 чорних. В цьому випадку домінантний ген I є інгібітором домінітного гену C чорного оперення. Пояснити цю форму успадкування, скласти схему схрещування.

5. Курчавоперість (frizzling, F) обумовлена аутосомним геном F з неповним домінуванням. Стандарту відповідають тільки гетерозиготи Ff. Поява курчавоперості залежить від генів-модифікаторів. Рецесивний аутосомний ген m послаблює прояв курчавоперості, M – посилює. Яких курей і півнів слід використовувати для одержання 100% бажаного потомства? Напишіть генотипи особин бажаного типу за геном курчавоперості і генами-модифікаторами.

6. Основне забарвлення у кроликів породи бельгійських заєць чорне (В- наявність пігменту, в-відсутність), але присутність гену А приводить до утворення жовто-коричневої зони на кінці волосу, в результаті чого волосяний покрив буде мати жовто-коричнєве забарвлення. Яке

потомство одержимо від схрещування чорного кроля (aaBB) і білої кролиці (AAbb)? Що матимемо в F₂?

7. У коней ген В визначає чорну масть, ген b – руду. Сіра домінітна масть коней (C) викликана раннім посивінням, вона прикриває всі інші масті. Яке потомство одержимо від схрещування сірого коня (CCBB) з рудою кобилою (cc bb)? Провести аналіз потомства в F₂.

8. Встановлено, що суцільне забарвлення у кроликів залежить від чотирьох домінінтних алелів (A₁A₁A₂A₂A₃A₃A₄A₄), а біла масть обумовлена рецесивними (a₁a₁a₂a₂a₃a₃a₄a₄). Величина забарвлених ділянок залежить від числа домінінтних генів в генотипі тварин. При спарюванні гомозиготних особин в F₁ одержують тетрагібридних тварин, одноманітних за забарвленням, з генотипом A₁a₁A₂a₂A₃a₃A₄a₄. Яке розщеплення тетрагібридів очікується в F₂?

2.9. ЛЕТАЛЬНІ ГЕНИ ТА ЇХ ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ У ТВАРИННИЦТВІ

М е т а з а н я т т я: вивчити особливості успадкування та використання летальних генів у тваринництві.

Теоретичне обґрунтування. Летальні гени – це такі, що призводять до загибелі організму. Вони можуть бути локалізовані в аутосомах або статевих хромосомах.

У сільськогосподарських тварин виявлено більше 100 летальних і сублетальних генів, у тому числі 46 у великої рогатої худоби, 15 у овець, 18 у свиней, 10 у коней, 6 у собак, 45 у курей, 7 у індиків і 5 у хутрових звірів.

Широке використання штучного осіменіння у тваринництві збільшує небезпеку поширення летальних генів. Плідник, гетерозиготний за летальним геном, передає його половині свого потомства.

Тому дуже важливо знати характер успадкування летальних генів, локалізацію в хромосомі і можливості їх елімінації.

З а в д а н н я

1. У норка ген А викликає сріблясте забарвлення “бос”, але у гомозиготному стані має летальну дію. Рецесивна алель а обумовлює

стандартне коричневе забарвлення. Які нащадки очікуються у результаті парування сріблястих норок між собою? Як уникнути відходу?

2. Дві сусідні ферми обмінялись кнурами. Кожна ферма використали кнура для спарювання з дочками попереднього кнура на цій фермі. В результаті на обох фермах почали народжуватись безногі поросята. Дайте генетичний аналіз цьому явищу. “Ампутовані” кінцівки обумовлені рецесивними генами aa.

3. Ген сірої вовни у овець S у гомозиготному стані має летальну дію (ягнята гинуть при переході на грубі корми). Рецесивний алель цього гену s обумовлює чорну вовну. При спарюванні сірих овець отримано 76 ягнят. Скільки ягнят загине? Скільки залишаться сірих і чорних?

4. Ознака укорочених ніг у курей домінує над довгоногістю. У гомозиготних за геном коротконогості курчат дзьоб такий малий, що вони не можуть пробити яєчну шкаралупу і гинуть, не вилупившись із яйця. У господарстві, яке розводить тільки коротконогих курчат, отримано 5400 курчат. Скільки серед них буде коротконогих? Як уникнути загибелі курчат?

5. Ген платинового забарвлення (W) лисиць має у гомозиготному стані летальну дію (цуценята гинуть в період ембріогенезу). Рецесивна алель (w) цього гена обумовлює розвиток срібно-сірого забарвлення. При паруванні платинових лисиць одержано 72 нащадки. Скільки цуценят загинуло в ембріональний період розвитку? Скільки цуценят мають світло-сіре і платинове забарвлення хутра?

6. У герефордській породі худоби виділяють два типи – Декстер, який характеризується компактним тулубом, короткими ногами і високою м'ясною продуктивністю та Керрі, який нічим не відрізняється від звичайної худоби. З'ясовано, що худоба типу Декстер гетерозиготна за геном D, який у гомозиготному стані зумовлює загибель ембріонів на 5-6 місяці утробного розвитку. Особи типу Керрі гомозиготні рецесивні за цим геном. У господарстві, яке розводить тільки худобу Декстер, було зареєстровано 400 будьогоподібних викиднів. Скільки телят типу Декстер і Керрі було отримано у господарстві? Як уникнути відходу телят?

7. При схрещуванні самок стандартних (темно-коричневих) (ff) норок із самцями сріблясто-соболиних (Ff) одержано 345 сріблясто-соболиних та 325 стандартних при середній плодючості 5,11 цуценяти. При схрещуванні сріблясто-соболиних норок між собою було одержано 19 особин батьківського типу і 10 темно-коричневих при середній плодючості 3,65 цуценяти. Як можна пояснити одержані результати? Показати схематично та вказати генотипи батьків і нащадків.

8. Колір хутра у нутрій визначається двома парами генів. Нутрії з генотипом vvTT мають коричневе хутро, VvTT – золотисте, VvTt^a – лимонне, vvTt^a – сріблясте, vvtt^a – біле, Vvt^at^a – сніжно-біле. Домінантний ген V у гомозиготному стані (VV) має летальну дію. При паруванні лимонних нутрій між собою одержали 352 нащадки: стандартних (vvTT), золотистих (VvTT), лимонних (VvTt^a), сріблястих (vvTt^a), білих (vvtt^a) і сніжно-білих (Vvt^at^a). Скільки нутрій було у кожній групі? Чи мали місце летальні випадки?

9. У овець захворювання скрепі призводить до смерті баранів на третьому році життя, ярок – у віці трьох з половиною років. Хвороба обумовлена рецесивним геном s, який у гомозиготному стані сприяє розвитку вірусного захворювання. У тварин з генотипами Ss і SS хвороба не розвивається. Від здорових дочок барана 235, запліднених спермою плідника 418, отримано 20 ягнят. Обидва плідники загинули від скрепі. Дочки плідника 235 у віці 5 років залишились здоровими. Визначити генотип баранів-плідників 235 і 418, генотип здорових дочок плідника 235. Скільки ягнят із 20 має генотип ss? Підтвердити відповідь схемою схрещування.

2.10. АНАЛІЗ ДАНИХ З КРОСИНГОВЕРУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ГЕНЕТИЧНИХ КАРТ ХРОМОСОМ

Мета заняття: вивчити особливості зчепленого успадкування, його порушення при кросингвері та використання останнього для катрування хромосом.

Теоретичне обґрунтування. Гени однієї хромосоми утворюють групу зчеплення. Кількість груп зчеплення дорівнює кількості пар

хромосом, або гаплоїдному числу хромосом. Якщо гени зчеплені, то генотип особини записують у такому вигляді: $\frac{AB}{ab}$.

Зчеплення генів може порушуватись в результаті кросинговеру. Кросинговер – це обмін ділянками між гомологічними хромосомами. У особини $\frac{AB}{ab}$ внаслідок кросинговеру утворюються дані типи гамет:

- а) аВ, Ab – кросоверні, які містять нові комбінації алелів;
- б) АВ, ab – некросоверними.

Частота кросинговеру між даними генами прямо-пропорційна відстані між ними, яка вимірюється в умовних одиницях – *морганідах*. Одна морганіда є відстанню між генами, за якої кросинговер відбувається з частотою 1 %. Кількісно частота кросинговеру між даними генами дорівнює відсоткові кросоверних особин, отриманих при аналізуючому схрещуванні, або відсоткові кросоверних гамет, які утворює гетерозиготна батьківська особина.

Досить часто в задачах ставиться питання: як успадковуються гени або ознаки – зчеплено чи незалежно? Числове розщеплення в потомстві свідчить про наявність або відсутність зчеплення. Якщо фенотипові класи за аналізуючого схрещування утворилися в рівному співвідношенні, то має місце вільне сполучення ознак у нащадків, а гени, які визначають ці ознаки – незчеплені. Якщо серед нащадків з'являються рекомбінантні особини (причому їх завжди мала кількість), значить, гени зчеплені.

З а в д а н н я

1. Скільки груп зчеплення ознак (генів) може бути у ВРХ, коней, овець, свиней і курей?
2. При схрещуванні дигетерозигот (AaBb) з рецесивною формою (aabb) в потомстві одержали 4 фенотипових класи, рівні за кількістю особин, тобто в кожному класі по 25 %. Чи можна зробити висновок за цими даними про зчеплення генів?
3. У результаті аналізуючого схрещування дигетерозиготної курки з курчавим оперенням (Ff) і трояндоподібним грребенем (Rr) з півнем з нормальним оперенням (ff) і простим грребенем (rr) в F₂ одержане

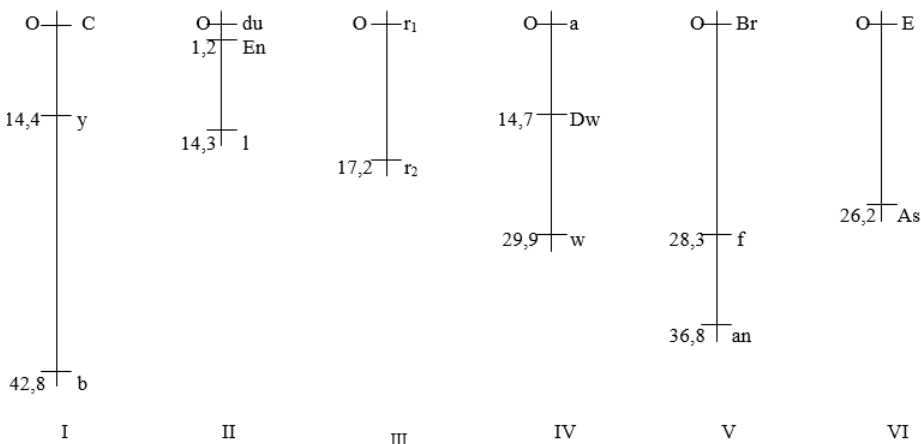
потомство з наступним співвідношенням фенотипів: 13 курчавих з трояндоподібним гребенем, 13 курчавих з простим гребенем, 13 з нормальним оперенням і трояндоподібним гребенем, 13 з нормальним оперенням і простим гребенем. Як називається такий тип успадкування? Визначити генотипи потомства.

4. Дигетерозиготна курчава ($\frac{F}{f}$) біла курка ($\frac{B}{b}$) схрещена з

гомозиготним півнем з нормальним оперенням і пігментованим пір'ям. В F_2 одержане потомство з наступним фенотиповим співвідношенням: 15 курчавих білих, 16 з нормальним оперенням пігментованих, 2 курчавих пігментованих, 2 з нормальним оперенням білих. Встановити, зчеплені чи не зчеплені ознаки і гени. Визначити, якщо можна, відстань між генами F і B.

5. Гени A, B, C розміщені в одній хромосомі в перерахованому порядку. Між A і B перехрест складає 20 %, а між B і C – 10 %. Гомозиготна самка за генами ABC схрещена з особиною, гомозиготною за abc. Які будуть гамети в F_1 ? Яке буде потомство від зворотного схрещування F_1 з abc? Які будуть з подвійними перехрестами?

6. Ознайомитись з картами хромосом кролика.



Карти груп зчеплення генів кролика

Знайти гени, які контролюють розвиток забарвлення шерсті – чорної, коричневої, шиншила, кольорові плями на білому фоні, агуті. З якими генами вони зчеплені? В які групи зчеплення вони входять? Чи можна використати ці знання в селекційній роботі?

Групи зчеплення генів кролика

Ген		Група зчеплення	Фенотип
Символ	Назва		
a	Nonagouti	IV	Шерсть чорна
an	Erythrocyte agglutination	V	Аглютинація еритроцитів
As	Production of atropinesterase	VI	Утворення атропінестерази
b	Broun	I	Шерсть коричнева
Br	Brachydactylia	V	Пальці короткі
bu	Buphthalmia	I	Захворювання, подібне глаукомі
C	Albinism	I	Альбінізм
du	Dutch pattern	II	Білий пояс на пігментованому фоні
Dw	Dwarf	IV	Карликовість, смерть зразу після народження
E	Extension	VI	Пегість
En	English	II	Кольорові плями на білому фоні
f	Furless	V	Дуже рідка шерсть
l	Angora hair	II	Довжина волосу збільшена (ангорська)
r ₁	Rex ₁	III	Шерсть коротка, нагадує плюш
r ₂	Rex ₂	III	Те ж саме
w	Wide-banded agouti	IV	Волос типу агуті з широкою смугою
y	Yellow fat	I	Жир жовтий

7. Гени D, E і F локалізовані у вказаному порядку в одній хромосомі. Між D і E перехрест складає 8 %, а між D і F – 25 %. Який перехрест між генами E і F?

8. В якій послідовності розташовано гени А, В, С на хромосомі, якщо в процесі схрещування встановлено, що ці гени успадковуються зчеплено, між генами А та В виникає 2,6 %, а між генами В і С - 1,45 % кросинговеру? Перехрестя між генами А і С становить 1,15 %.

9. Якщо віддаль між генами А і В 12 морганід, то скільки буде кросоверних особин із 200 нащадків від схрещування особин АаВв та аавв?

10. При схрещуванні дигетерозиготної самки дрозофіли (АаВв) з гомозиготним рецесивним самцем отримано 320 нащадків з батьківським поєднанням ознак та 80 нащадків з рекомбінантним поєднанням. Яка відстань між генами в (морганідах) ?

11. У першому поколінні від схрещування рябих сріблястих курей із нерябими золотистими півнями одержали рябе сріблясте потомство. Від схрещування курочок першого покоління з нерябими золотистими півнями одержано півнів і курочок чотирьох фенотипів:

282 сріблястих рябих;

20 золотистих рябих;

26 сріблястих нерябих;

276 золотистих нерябих.

Як успадковуються ознаки? Визначити генотипи вихідних птахів і гібридів. Визначити віддаль між генами.

2.11. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗЧЕПЛЕНОГО ЗІ СТАТТЮ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК

М е т а з а н я т т я: вивчити закономірності успадкування ознак, гени яких локалізовані в статевих хромосомах.

Теоретичне обґрунтування. У хромосомному наборі організмів розрізняють нестатеві хромосоми – аутосоми, та статеві хромосоми. Залежно від статі хромосоми можуть бути однаковими або різними. Залежно від цього стать, яка утворює один тип гамет, називається *гомогаметною*, а стать, яка утворює різні типи гамет – *гетерогаметною*.

Існують чотири типи хромосомного визначення статі:

1) у ссавців, більшості амфібій, частини риб, комах (крім метеликів), ракоподібних, черв'яків жіноча стать є гомогаметною (XX); а чоловіча – гетерогаметною (XY);

2) у клопів жіноча стать – гомогаметна (XX), а чоловіча – гетерогаметна (X0);

3) у птахів, плазунів, частини риб, метеликів жіноча стать – гетерогаметна (ZW), а чоловіча – гомогаметна (ZZ);

4) у молі, живородної ящірки жіноча стать є гетерогаметною (Z0), а чоловіча – гомогаметною (ZZ).

При розв'язанні задач на успадкування ознак, зчеплених зі статтю, слід пам'ятати, що Y-хромосома є генетично інертною, тобто здебільшого не містить генів, які перебувають в X-хромосомі. Такий стан гену (X^AY або X^aY) називається гемізіготним. Він спричиняє цікаве явище, яке дістало назву кріс-крос успадкування, коли ознака від матері передається синові, а від батька – дочці.

З а в д а н н я

1. У свійських котів ген B_1 обумовлює чорне забарвлення шерсті, B_2 – руде. Жоден з цих генів не домінує, тому гетерозиготні тварини мають плямисте забарвлення, його іноді називають «черепаховим». Ген локалізується в X-хромосомі. Які будуть кошенята, якщо:

- 1) кішка руда, кіт чорний;
- 2) кішка чорна, кіт рудий;
- 3) кішка «черепахова», кіт чорний;
- 4) кішка «черепахова», кіт рудий?

Чим пояснити, що дуже рідко, але трапляються коти черепахового забарвлення?

2. У курей домінантний ген смугастого оперення B і його рецесивний алель чорного оперення b локалізовані в X-хромосомах. Домінантні гени S темної пігментації шкіри, R – трояноподібного гребеня і їх рецесивні алелі – гени білої шкіри s , листовидного гребеня r – локалізовані в аутосомах негомологічних хромосом. Аутосомний ген C в гетерозиготі Cs визначає коротконогість, ss – нормальну довжину ніг, а гомозиготи CC летальні. Визначити генотипи і фенотипи потомства від наступних схрещувань:

- 1) курка смугаста, півень з чорним оперенням;
- 2) курка з чорним оперенням, півень смугастий гетерозиготний;
- 3) курка смугаста, білошкіра, півень чорний з темною шкірою, гетерозиготний;
- 4) курка з чорним оперенням, листоподібним гребенем, коротконога, півень зі смугастим оперенням (гетерозиготний), трояндоподібним гребенем (гомозиготний) і нормальною довжиною ніг;
- 5) курка з чорним оперенням, листоподібним гребенем, коротконога, півень зі смугастим оперенням (гетерозиготний), трояндоподібним гребенем (гетерозиготний) і нормальною довжиною ніг.

2.12. СІМЕЙНО-ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗА ГРУПАМИ КРОВІ

М е т а з а н я т т я: вивчити генетичні системи груп крові сільськогосподарських тварин і навчитись використовувати дані імуногенетичного аналізу для вирішення практичних завдань селекції.

Теоретичне обґрунтування. *Імуногенетика* – розділ генетики, який вивчає генетичний поліморфізм антигенного складу клітин тварин. Генетичний поліморфізм – це одночасна наявність в популяції декількох алелів одного і того ж локусу, які знаходяться в рівновазі протягом ряду поколінь.

Антитіла – це білкові речовини, які утворюються в організмі тварин у відповідь на проникнення антигену. **Антигени** – це сторонні, чужорідні тіла (бактерії, віруси, токсини, білки, полісахариди та інші складні сполуки), які потрапляють в організм.

Білки, полісахариди, а також складніші сполуки, які знаходяться на поверхні еритроцитів, називають *еритроцитарними, або груповими, антигенами*. Саме цими антигенами обумовлені групи крові людини і тварин. Розпізнаються вони серологічними реакціями при додаванні до крові моноспецифічних сироваток, які містять відповідні антитіла.

Сукупність антигенів, які контролюються одним локусом (локус – ділянка хромосоми, в якій локалізований певний ген), називається *генетичною системою груп крові*, а сума всіх систем груп крові однієї особини – *типом крові*.

Генетичні системи груп крові та антигени позначаються великими та малими літерами латинського алфавіту (А, В, С і т.д.) з штрихами (A^1 , B^1 , C^1 ...) та підстрочними індексами.

Генотип кожної особи включає два алеля, одержані один від батька, один від матері. Вони записуються поряд з розділенням похилою рисою (F/V , A_1/D).

У ВРХ відомо більш як 100 еритроцитарних антигенів, об'єднаних у 12 систем груп крові: А, В, С, F-V, J, L, M, N', T, S, Z, R'-S'. Система А включає 8 антигенів. Система В (найскладніша) включає 30 антигенів, в різних комбінаціях утворює більше 500 алелів. Біля 10 антигенів В-системи успадковуються єдиним комплексом, наприклад, B^{BGK} , B^{BG} та ін. Такі комплекси називаються феногрупами. В системі С більше 10 антигенів. Система J – групи крові диференціюється на три групи: J, J₁, J₂. Система F-V складається з двох антигенів - F та V. Система M контролює чотири антигени (M₁, M₂, M' та m). S-система представлена 7 антигенами і 6 підтипами. Системи L, T, N' мають по одному антигену і називаються простими, а системи, які мають по два і більше антигенів – складні. Поділ цей умовний, тому що, можливо, будуть відкриті нові антигени ще невідомі до цього часу.

У свиней виявлено 17 генетичних систем груп крові (А, В, С, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q), які контролюють 83 еритроцитарних антигени. Найбільш складні системи: E (16 антигенів), L (13 антигенів) та M (11 антигенів). Інші системи містять 2-6 антигенів.

Групи крові коней включають 10 систем (А, С, D, K, P, Q, F_c, T, U, S₀), які контролюють 20 антигенних факторів. Системи С, K, U, F_c включають по дві алелі, інші – більше двох. Система Р груп крові аналогічна системі АВО людини. Найскладнішою є система D, яка включає 13 антигенів, вони утворюють більше 30 феногруп.

У курей відкрито 14 систем (А, В, С, D, E, H, J, Y, K, Z, N, P, R, Vh), які контролюють 95 антигенів, що включають по дві і більше алелі. Найскладніша система В включає 35 антигенів.

Групи крові овець менше вивчені, ніж інших сільськогосподарських тварин. До теперішнього часу виявлено 16 генетичних систем (А, В, С, D,

J, M, R, X-Z, Con, F₃₀, F₄, Hel, Y, T, V, PV), які контролюють 39 антигенів. У кіз ідентифіковано 5 систем груп крові (B, C, M, R, F₃₀).

Поряд з групами крові у сільськогосподарських тварин виявлений генетичний поліморфізм білків і ферментів: у великої рогатої худоби в сироватці крові – 18, еритроцитах – 17, молоці – 5, тканинах – 2, у коней – 15, свиней – 29, овець і кіз – 26. Для позначення локусів використовують дві-три букви їх латинської назви (наприклад, трансферин – Tf, каталаза – Cat).

Групи крові і типи білків можуть бути використані для:

- 1) визначення достовірності походження нащадків;
- 2) визначення вірогідних батьків за генотипами груп крові;
- 3) уточнення батьківства у нащадків від вибувших матерів;
- 4) реконструкції генотипу вибувшого батька за генотипами матерів і нащадків;
- 5) контролю за генетичною подібністю нащадків з родоначальником;
- 6) визначення зиготності близнюків.

Антигени груп крові можуть служити „генетичними маркерами” походження тварин завдяки:

- 1) кодомінантному їх успадкуванню;
- 2) незмінності протягом онтогенезу;
- 3) величезній кількості комбінацій груп крові, які в межах виду практично не бувають однаковими у двох особин, за винятком монозиготних близнюків.

Існують такі основні правила успадкування груп крові:

- 1) кожна особина успадковує по одному з двох алелів від матері і батька в кожній системі груп крові;
- 2) особина з антигенами, які не виявлені у батьків, не може бути нащадком даної батьківської пари;
- 3) гомозиготна особина за одним антигеном (наприклад F: F/ F) не може бути нащадком гомозиготної особини за протилежним антигеном (F: V/ V).
- 4) батьківство слід визначити за антигенами, різними у батьків і відсутніми у матерів.

З а в д а н н я

1. Визначити достовірність походження нащадків за даними таблиці (в генотипах нащадків материнські алелі вказані справа від косої лінії).

Сімейні відносини	Номер тварини	Системи груп крові										Локуси поліморфних білків		
		A	B	C	F-V	J	L	M	S	Z	R'	Hb	Tf	Am
Симентальська порода														
Батько	2085	—/—	O ₃ QA ₂ 'E ₁ 'F'J ₂ '/Q	WX ₂ /EWL'	V/ V	—/—	—/—	—/—	H'/H'	—/—	—/—	A/B	A/Д	B/C
Мати	1674	—/—	O ₁ I'/O ₁ I'	EWL'/W	F/V	J/—	L/—	—/—	H'/H'	—/—	—/—	A/A	A/Д	B/B
Нашадок	5193	—/—	O ₃ QA ₂ 'E ₁ 'F'J ₂ '/O ₁ I'	WX ₂ /EWL'	F/V	—/—	L/—	—/—	H'/H'	—/—	—/—	A/B	Д/Д	B/B
Мати	2772	—/—	O'/—	W/W	F/F	—/—	L/—	—/—	H'H'/H'	—/—	—/—	A/A	Д/А	B/B
Нашадок	8004	—/—	—/O'	EWL'/W	V/F	—/—	L/L	—/—	H'/H'H''	—/—	—/—	A/A	Д/А	B/B
Швіцька порода														
Батько	33968	—/—	I ₁ I ₂ /Y ₂ B''	C ₂ E/W	F/V	J ₁ /J ₂	—/—	—/—	H'/—	—/—	—/—	A/A	Д/Д	B/B
Мати	1513	—/—	O ₃ G ₁ '/—	X ₂ /—	F/V	J ₂ /—	—/L	—/—	H'/S	—/Z	—/—	A/Д	Д/Д	B/B
Нашадок	170020	—/—	BGKO ₁ E ₂ 'E ₃ 'F'G'/O ₃ G ₁ '	C ₁ C ₂ E/X ₂	F/V	—/J ₂	L/—	—/—	S/H'	Z/—	—/—	A/A	Д/Д	B/B
Батько	429	—/—	O ₁ T ₁ A'E ₂ '/BGL ₁ LQP'	C ₂ EW/X ₂	V/F	—/J ₂	—/—	—/—	SH'/—	Z/—	—/—	A/A	A/A	B/C
Мати	1763	—/A ₁	—/T'O'	C ₁ E/X ₂	F/V	—/—	—/L	—/—	U/H'	—/—	—/—	A/A	A/A	B/C
Нашадок	959	A ₁ /—	BL ₁ L ₂ G ₂ 'P'/T'O'	C ₂ WX ₂ /C ₁ E	V/F	—/—	L/—	—/—	UH''/H'	—/Z	—/—	A/A	A/A	C/C

2. Корови 2906 і 7733 були запліднені двічі. Перший раз корова 2906 запліднена спермою бичка 4032, а корова 7733 – спермою бичка 2073.

Другий раз корова 2906 запліднена спермою бика 2352, а корова 7732 – спермою бичка 4262. Які бички є батьками нащадків корів 2906 і 7733?

Сімейні відносини	Номер тварини	A	B	C	F-V	J	L	M	S	Z	R'
Бугай	4032	A ₁ /–	I ₁ G'/Q	C ₁ EW/W	F/V	–/–	–/–	–/–	H'/–	Z/Z	–/–
Бугай	2352	–/–	A'B'/G ₁ A ₂ '	W/W	F/F	–/–	–/–	–/–	H'/H'	–/–	–/–
Мати	2906	A ₁ /–	I ₁ Y ₂ A'–	C ₁ EWL'/W	F/F	–/–	–/–	–/–	H'/H'	–/–	–/–
Нашадок	3699	–/–	A'B'/I ₁ Y ₂ A'	W/C ₁ EWL'	F/F	–/–	–/–	–/–	H'/H'	–/–	–/–
Бугай	2073	A ₁ /A ₁	–/BGKE'F'G'O'G''	C ₁ EWL'/G ₁ EWX	F/F	–/–	–/–	M/–	H'/–	Z/Z	–/–
Бугай	4262	A ₁ /–	O ₃ QA ₂ 'E ₁ 'F'J ₂ '/O ₃ QA ₂ 'E ₁ 'F'J ₂	C ₁ EWX ₁ /C ₁ EWX ₂	F/V	–/–	–/–	–/–	H'UH''/H'	–/–	–/–
Мати	7733	–/A ₁	Q/BGKE ₁ 'F'O'	C ₁ EW/W	F/F	–/–	–/–	–/–	H'/S ₁ H'	–/Z	–/–
Нашадок	8269	A ₁ /A ₁	–/Q	C ₁ EWL'/C ₁ EW	F/F	–/–	–/–	M/–	H'/H'	Z/Z	–/–

3. Уточнити батьківство у нащадків швіцьких бичків від матерів, які вибули, за групами крові і поліморфними білками.

Сімейні відносини	Системи груп крові							Локуси поліморфних білків		
	A	B	C	F-V	J	S		Hb	Tf	Ca
Батько 716	–/Z'	BGKE ₂ F'Γ'O'/P'	C ₁ C ₂ WX ₂ /–	F/–	J ₁ /–	S/H'		A/B	Д/Е	F/S
Нашадок 78	–/–	BGKE ₂ F'Γ'O'/G'	C ₁ C ₂ WX ₂ /E	F/F	J ₁ /J ₂	S/H'		B/A	Е/А	S/S
Нашадок 250	A ₁ /A ₂	BGKE ₂ '/O ₃ E ₃ '	W/X ₂	F/V	–/–	–/H''		A/B	Д/А	F/F
Батько 2612	A ₁ /Z'	Gl ₁ I ₂ A'E ₂ 'E ₃ '/O ₁ QD'Γ'K'	–/C ₁ C ₂	–/F	–/–	H'/–		A/B	Д/А	F/S
Нашадок 323	A ₁ /A ₂	Gl ₁ I ₂ A'E ₂ 'E ₃ '/BT ₂ Y ₂ P'Y'B''	C ₁ C ₂ /EWX ₂	F/V	–/–	H'/S		A/B	Д/Е	F/F
Нашадок 256	A ₁ /Z'	E ₃ 'F'O'/GQ	C ₂ EWX ₁ /C ₁ X ₂	F/V	J/–	H'/H''		A/A	А/Д	S/S

4. У племоб'єднання поступили бички, записані у родоводі як нащадки плідника 209 від різних матерів. У результаті імуногенетичної перевірки встановили такі генотипи бичків у системі В груп крові:

Номер тварини	Генотип
Плідник 209	GOY/BQK`E <sub>2</sub> I`
Потомки: 1217	OY ₂ D`G`/GOY
1615	I`G`/BQK`E <sub>2</sub> I`
1421	GE ₃ `F`O`/OI <sub>2</sub> D`G`
214	GOY/O ₁ T ₃ `F`K
224	BQK`E <sub>2</sub> I`/O ₁ I ₂ D`G`
321	GE ₃ `F`O`/O <sub>1</sub> I <sub>2</sub> D`G`

Визначити, для яких бичків походження від плідника 209 виключається.

5. На основі сімейного аналізу генотипів за алелями груп крові матерів і дочок реконструювати генотип бугая Марта 2492.

	Номер тварини	A	B	C	F-V	J	S	Z
Мати	Сопка 2659	D ₂ /D ₂	I`O`/–	W/L`	F/F	–/–	S <sub>1</sub> H`/H`	Z/–
Дочка	3311	A ₂ D ₂ /D ₂	QI`/–	C <sub>1</sub> W/W	V/F	–/–	U`/ S ₁ H`	Z/–
Мати	Акварель 696	A ₂ D ₂ / A ₂ D ₂	E ₃ `G`/–	C ₁ W/R ₁ W	F/F	–/–	–/–	–/–
Дочка	3390	D ₂ /A ₂ D ₂	b/E ₃ `G`	R ₂ /C ₁ W	V/F	–/–	H`/–	–/–
Мати	Процедура 2887	A ₂ D ₂ /D ₂	–/–	R ₂ C`/–	F/F	–/–	H`/ H`	–/–
Дочка	3489	A ₂ D ₂ / A ₂ D ₂	b/–	C ₁ W/–	F/F	–/–	U`/ H`	Z/–
Батько								

6. При імунологічному дослідженні у курки знайдений антиген C_1 системи груп крові C, а антигени C_2 , C_3 , C_4 відсутні. У півня знайдений антиген C_4 , але немає антигенів C_1 , C_2 і C_3 . Чи можна очікувати у першому поколінні розщеплення нащадків за системою груп крові C?

7. Свиноматка була запліднена спермою двох кнурів. Результати імунологічного дослідження батьків і нащадків приведені в таблиці. Які антигени можуть бути використані для встановлення батьківства? Встановити для кожного поросяти його батька.

Тварина і її номер	Антигени												Номер батька
	A	Ea	Eb	Ed	Ee	Ef	Fa	Gb	Hb	Ka	Kb	La	
Матка 460	+	+	–	+	–	–	–	–	+	+	–	–	Номер батька
Кнур 320	–	+	+	+	+	–	+	–	–	+	–	+	
Кнур 316	+	–	–	+	+	+	–	+	+	+	–	–	
Порося 135	+	–	–	+	+	–	–	+	+	–	–	–	
Порося 136	+	–	–	+	+	+	–	–	+	+	–	–	
Порося 137	–	–	+	+	+	–	+	–	–	+	–	+	
Порося 138	+	+	–	+	+	+	–	+	–	–	–	–	
Порося 139	–	+	+	+	+	–	+	–	+	+	–	–	
Порося 140	–	+	–	–	+	–	–	–	–	+	–	–	
Порося 141	–	–	+	+	+	–	+	–	+	–	–	–	

8. Скласти схему лінії Лорда 231 симентальської породи. Який алель маркує лінію? Скільки тварин, гомозиготних за алелем родоначальника, є у лінії? До якого покоління вони відносяться?

Нащадки	Батьки
Антрацит 1728 /O ₃ QA ₂ 'E ₁ 'E'J ₂	Інжир 637
Арка 82 O ₁ Γ'Q'/'	Думка 288 та Інжир 637
Дефіцит 616 O ₁ Γ'Q'/' O ₁ Γ'Q'	Принц 5193
Дрозд 3708 b/O ₁ Γ'Q'	Диня 1411 та Єгер 1779
Димка 4502 O ₁ Γ'Q'/' O ₁ Γ'Q'	Принц 5193
Диня 14411 O ₁ Γ'Q'/' O ₁ Γ'Q'	Арка 82 та Інжир 637
Думка 288 O ₁ Γ'Q'/' O ₁ Γ'Q'	Ізумруд 265
Єгер 1779 O ₃ QA ₂ 'E ₁ 'F'J ₂ /b	Льон 1686
Запад 46	Лорд II 329
Інжир 637 O ₁ Γ'Q'/'I ₁ E ₂ '	Лог 561
Ізумруд 256	Лог 561
Кадр 5022 O ₁ Γ'Q'/' I ₁ E ₂ '	Дрозд 3708
Льон 1686 /O ₃ QA ₂ 'E ₁ 'F'J ₁	Інжир 637
Лог 561 O ₁ Γ'Q'	Лорд 231
Лорд II 329	Лорд 231
Принц 5193 O ₃ QA ₂ 'E ₁ 'F'J ₂ / O ₁ Γ'Q'	Флажок 2085
Флажок 2085 O ₃ QA ₂ 'E ₁ 'F'J ₂ /Q	Антрацит 1728

9. На основі гемолітичного тесту крові близнюків від корів симентальської породи визначити зиготність трьох пар близнюків. Скільки близнюків монозиготних, дизиготних мозаїчних і дизиготних немозаїчних? Чи можна встановити генотип у дизиготних близнюків лише за виявленими антигенами груп крові, не використовуючи сімейного аналізу?

Стать і номер тварини	Ступінь гемолізу в антисироватках											
	A	B						C			F-V	
	A ₂	B	Q ₁	Q	Y ₂	D	I	C ₂	W	C	F	V
Теличка 3336		4	4	4				4	4		4	4
Теличка 3337		4	4	4				4	4		4	4
Бичок 295	2		2		3		3	4			4	
Бичок 296	+		+		3		1	4			4	
Теличка 9		2	4		4		4		2		4	
Теличка 10		3	4		4		4		2		4	
Бичок 301		4		4		4	4		4			4
Бичок 302		4		4		4		4	4	4	4	4

10. Визначити зиготність близнюків і генотипи нащадків за даними таблиці. Чи можна встановити генотипи третьої пари близнюків?

Пари	Ступінь гемолізу в антисиворотках								Генотипи
	В	I ₁	O ₁	Q	T ₁	B ⁺	E ₁ ⁺	Г	
Батько			4		4	4			O ₁ / T ₁ B ⁺
Мати	4	4	4				4	4	O ₁ I ⁺ / B ₁ E ₁ ⁺
Теличка	4	4			4	4	4		
Теличка	4	4			4	4	4		
Батько			4	4				4	O ₁ Q / Г
Мати	4	4	4				4		I ₁ E ₁ ⁺ / B O ₁
Теличка	4		4	4					
Бичок		4					4	4	
Батько	4		4	4	4		4		B O ₁ Q / T ₁ E ₁ ⁺
Мати		4	4			4	4	4	O ₁ I ⁺ / E ₁ ⁺ B ⁺
Теличка	2	1	1	2	2	3	1	1	
Бичок	3	2	1	1	2	3	2	2	

11. Від двох баранів каракульської породи, з генотипами за амілазою Am^A/Am^E та Am^C/Am^C, одержано 80 нащадків з такими генотипами: Am^A/Am^A – 3 голови, Am^A/Am^E – 5, Am^A/Am^C – 9, Am^E/Am^E – 27, Am^E/Am^C – 6, Am^C/Am^C – 30. З'ясуйте, чи можна серед цього поголів'я визначити нащадків обох баранів?

12. Визначте, який генотип і фенотип матимуть нащадки при схрещуванні корови, яка за F-системою має у крові антигени F та V, і бугая, який за цією ж системою має лише антиген F.

2.13. ВИЗНАЧЕННЯ ГЕНЕТИЧНОЇ ПОДІБНОСТІ МІЖ ПОПУЛЯЦІЯМИ ЗА ГРУПАМИ КРОВІ

Мета заняття: освоїти метод визначення ступеню генетичної подібності між тваринами різних популяцій за еритроцитарними антигенами груп крові.

Теоретичне обґрунтування. При аналізі популяцій або будь-яких груп тварин (стад, родин, ліній, порід, типів) виникає питання подібності цих груп між собою за генетичними системами. Вирішити це питання можна шляхом порівняння груп за частотами антигенів або алелів різних

локусів. Для цього існує декілька методів, які дають можливість обчислити коефіцієнт генетичної подібності (r). Найчастіше використовують формулу Майяла-Ліндстрема:

$$r = \frac{\sum x \cdot y}{\sqrt{\sum x^2 \cdot \sum y^2}}, \text{ де}$$

r - коефіцієнт генетичної подібності;

x і y – частоти однакових антигенів (алелів) за групами тварин, які порівнюються.

Наприклад, треба визначити генетичну подібність між чорно-рябою породою ВРХ і її помісями з голландською породою за еритроцитарними антигенами крові:

Популяції	Частоти алелів					
	A	F	J	L	M	Z
Чорно-ряба (x)	0,14	0,79	0,10	0,28	0,05	0,53
Чорно-ряба х голландська (y)	0,16	0,80	0,07	0,13	0,02	0,40

Для розрахунку складається таблиця:

Алель	x	y	xy	x ²	y ²
A	0,14	0,16	0,0224	0,0196	0,0256
F	0,79	0,80	0,6320	0,6241	0,6400
J	0,10	0,07	0,0070	0,0100	0,0049
L	0,28	0,13	0,0364	0,0784	0,0169
M	0,05	0,02	0,0010	0,0025	0,0004
Z	0,53	0,40	0,2120	0,2809	0,1600
			$\sum xy=0,9108$	$\sum x^2=1,0155$	$\sum y^2=0,8478$

Підставивши відповідні числа у формулу, одержимо:

$$r = \frac{0,9108}{\sqrt{1,0155 \cdot 0,8478}} = 0,9816$$

(або 98,16 %).

З а в д а н н я

Виконання самостійної роботи за вказаним варіантом.

2.14. ТИПИ ВАРІАЦІЙНИХ РЯДІВ, ЇХ ГРАФІЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ В ГЕНЕТИЦІ ТА СЕЛЕКЦІЇ ТВАРИН

М е т а з а н я т т я: вивчити типи розподілу ознак та навчитись будувати варіаційний ряд.

Теоретичне обґрунтування.

Основні біометричні поняття. Кількісні ознаки (маса тварин, надій, приріст, % жиру та ін.) у однорідної за породою, віком і умовами утримання групи тварин завжди варіюють, тобто відрізняються між собою. Тому для їх вивчення застосовується біометричний аналіз.

Для вивчення будь-якої ознаки у великої групи тварин, що є *генеральною сукупністю*, відбирають підряд, шляхом суцільного обстеження *вибіркову сукупність*, яку і вивчають. Вибіркова сукупність може бути *мала*, якщо в ній менше 30 особин, *і велика*, якщо в ній 30 і більше особин.

В результаті вивчення певної ознаки на вибірковій сукупності накопичується певна кількість цифрових значень варіюючої ознаки, що складає вибірку, в якій кожне окреме значення називається варіантою (x), а кількість усіх варіант (n) називається об'ємом вибірки.

В будь-якій вибірці варіанти бувають записані в порядку їх обліку. Для подальшого біометричного аналізу необхідно їх систематизувати, а потім розрахувати основні статистичні параметри, які характеризують варіювання даної ознаки.

Систематизація варіант малої вибірки проводиться шляхом складання ранжованого ряду, в якому варіанти розміщуються в порядку їх зростання.

Систематизація варіант великої вибірки проводиться шляхом групування їх за ранжованими класами варіювання ознаки і складання *варіаційного ряду*, в якому кожному класу відповідає певна частота (f), що показує, скільки варіант до нього відноситься.

Варіаційний ряд може мати графічне зображення у вигляді варіаційної кривої або гістограми.

Для побудови *варіаційної кривої* використовують систему координат, будують графік, відкладаючи по горизонтальній осі абсцис (x)

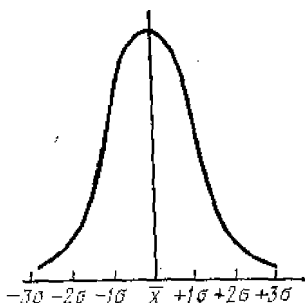
середні значення класів, а по вертикальній осі ординат (y) – значення частот в порядку їх зростання. Площу, обмежену варіаційною кривою, називають полігоном розподілу. У залежності від характеру розподілу варіант варіаційні криві можуть бути: нормальні, біноміальні, асиметричні, пуасоновські, ексцесивні, плосковершинні, двовершинні, трансгресивні.

Зобразивши частоти кожного класу у вигляді стовпчиків, одержують *гістограму*. Основою кожного стовпчика є границі класів, а висота його обумовлена кількістю частот у класі.

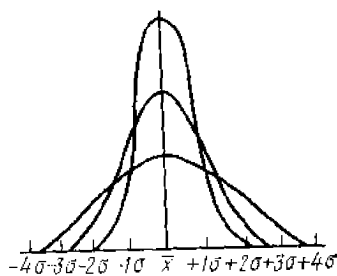
Типи розподілу ознак. При *нормальному розподілі* крива симетрична до осі абсцис. Перпендикуляр, опущений із вершини кривої на цю вісь – середня арифметична даного ряду (M або $\bar{X}$). Вітки нормальної кривої підходять до осі абсцис, не зливаючись з нею. Нормальна крива в залежності від різноманітності ознаки може мати три форми – високу, плоску і низьку.

При нормальному розподілі варіант варіаційний ряд характеризується такими особливостями:

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



Нормальна крива розподілу



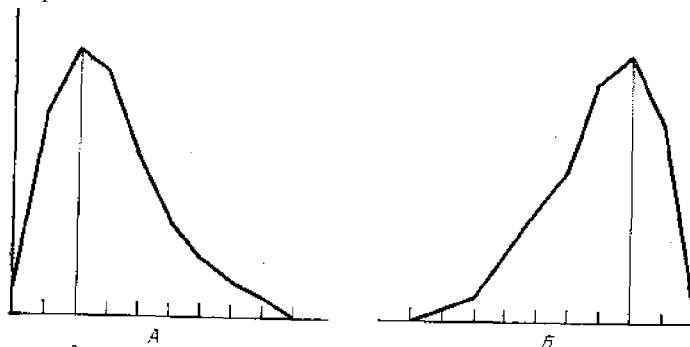
Типи нормальних кривих в залежності від різноманітності ознак

Приклад нормального розподілу – вибірка із 120 корів, поділена на класи за жирномолочністю:

Класи варіюючої ознаки (x)	3,10	3,20	3,30	3,40	3,50	3,60	3,70	3,80	3,90	4,00	4,10
Частоти (f)	3	5	10	12	19	22	19	12	10	5	3

Закономірності і функції нормального розподілу варіюючої ознаки використовуються при плануванні селекційного процесу. Вони дають можливість визначити теоретичну величину відхилення ознаки від середньої величини (σ), теоретичні частоти, кількість тварин, які можуть бути залишені для племінного використання, якщо задані ті чи інші рівні відбору та ін.

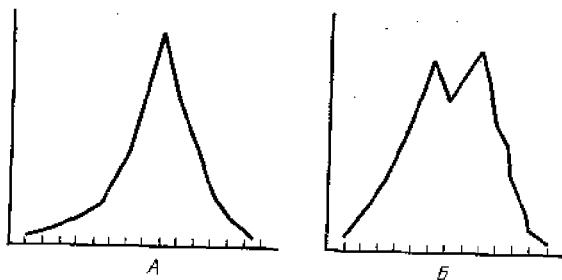
У тих випадках, коли якісь причини сприяють появі значень ознаки, які відрізняються від середньої величини в сторону зменшення або в сторону збільшення, утворюються **асиметричні розподіли**. При асиметрії розподіл має збільшення (проти симетричного розміщення) частоти в лівій або в правій частині. У відповідності з цим розрізняють як ліву, так і праву асиметрії.



Типи асиметрії: А – ліва позитивна; Б – права негативна

В тих випадках, коли якісь причини сприяють переважній появі і середніх і крайніх значень ознаки, утворюються ексцесивні розподіли, що мають вигляд піраміди з розширеною основою. При негативному ексцесі

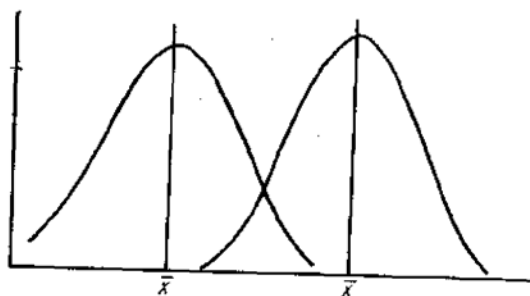
в центрі розподілу є не вершина, а впадина, причому розподіл стає двомодальним, а варіаційна крива – двовершинною.



Типи ексцесивних кривих: А – ексцес позитивний; Б – ексцес негативний

Так, двовершинність в розподілі молочної худоби за вмістом жиру в молоці може бути наслідком того, що в стаді є помісні тварини.

При вивченні відмінностей між групами об'єктів – різновидами одного виду, породами – майже завжди спостерігається заходження одного розподілу в межі іншого. Таке явище називається *трансгресією*. Якщо зобразити її графічно, то одна крива ніби частково накладається на іншу, утворюючи загальну зону з однаковими класами для частини обох кривих. Середні арифметичні обох рядів достовірно відрізняються між собою.



Трансгресивні криві

В залежності від мети селекції може стати бажаним або зменшення ступеня трансгресії, або збільшення її, тобто зближення середніх і самих кривих.

Біноміальний розподіл стосується якісних ознак. Характеристика групи за якісною ознакою полягає у вказуванні, скільки в цій групі є особин з даною ознакою і у скількох вона відсутня.

Так, у кожному десятку виловленої риби можуть зустрічатись 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 і всі 10 особин, вражених якоюсь глистовою інвазією. Приклад розподілу 20 десятків виловлених коропів за цією ознакою:

Число хворих риб в кожному десятку – x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Всього десятків
Число десятків – f	1	3	4	5	3	2	1	1	0	0	0	20

Назва „біноміальний” розподіл пояснюється, по-перше, тим, що ознака може мати завжди тільки два варіанти: вона або є, або її нема; по-друге, закономірності такого розподілу мають кількісний вираз, пов’язаний з біномом Ньютона $(p+q)^n$.

Біноміальна крива може бути як симетричною, так і асиметричною.

За формулою розкладу бінома можна визначити ймовірність виникнення двох і більше незалежних подій, таких як співвідношення статей, частоту різних генотипів і фенотипів в потомстві від батьків з відомими генотипами і т.і.

Розподіл Пуассона використовується для рідкісних подій (поява альбіносів в популяції, виродків, мутацій, народження монозиготних близнюків). В такому розподілі варіаціями є кількість рідкісних подій, а частотами – кількість великих груп, серед яких відбулась рідкісна подія.

Прикладом може служити поява мутантних за забарвленням хутра гетерозиготних норок. Обстежено 50 приплодів (субвиборок) з рівною кількістю голів – по 5. Розподіл приплодів за частотою народження мутантів наступний:

Клас з числом мутантів (субвиборок) – x	5	4	3	2	1	0	Всього
Кількість приплодів – f	1	1	2	25	10	11	50

Користуючись розподілом Пуассона, можна прогнозувати частоту появи небажаних мутантів в стаді або породі і планувати запобіжні заходи селекційного характеру.

Порядок систематизації варіант великої вибірки:

1. **Знайти ліміти** – крайні варіанти (X_{min} і X_{max}).

2. **Розрахувати розмах варіювання** – $R = X_{max} - X_{min}$.

3. **Встановити число класів**. Це число залежить від об'єму вибірки.

Зручно мати наступне число класів: при об'ємі вибірки від 30 до 60 – 6-8 класів, від 61 до 100 – 7-8, від 101 і більше – 9-12.

4. **Розрахувати класовий проміжок (K)** шляхом ділення розмаху варіювання на число класів, з заокругленням одержаної цифри до цілого або зручного для користування числа, відповідно зменшуючи або збільшуючи число класів при необхідності.

5. Побудувати робочу таблицю:

Границі класів	Середини класів (w)	Розноска варіант	Частота (f)

6. Зробити розбивку на класи і виписати їх в порядку зростання.

Для цього X_{min} заокруглити в меншу сторону до цілого числа – це буде перша границя першого класу. Додавши до неї класовий проміжок, одержують другу границю першого класу, яка є одночасно першою границею другого класу, до якої теж додають класовий інтервал і т.д. до одержання границі останнього класу. Другу границю кожного класу зменшують на 0,1 або 0,01 (відповідно точності вимірювання ознаки) для того, щоб не було повторення одних і тих же варіант в різних класах.

7. **Розрахувати середини класів** шляхом додавання до першої границі кожного класу половини класового інтервалу.

8. **Рознести варіанти по класах** з допомогою робочої таблиці. Розноску проводять, відмічаючи варіанти в колонці „розноска варіант” крапочками і рисочками способом „конвертиків”. Підраховану частоту кожного класу записують в третій колонці.

9. Побудувати **варіаційний ряд** – записати в верхній строчці середини класів, в нижній (під ними) – їх частоти

10. **Зобразити варіаційний ряд графічно** – нанести його на систему координат.

З а в д а н н я

За вибіркою добового надою корів скласти варіаційний ряд і зобразити його графічно:

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

2.15. СЕРЕДНІ ВЕЛИЧИНИ: АЛГОРИТМИ РОЗРАХУНКІВ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

М е т а з а н я т т я: засвоїти методи розрахунку середніх величин в залежності від поставлених задач і кількості тварин у вибірці.

Теоретичне обґрунтування.

1. Розрахунок середньої арифметичної M (або $\overline{X}$) в малочисельних вибірках:

$$M = \frac{\sum x}{n} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}, \text{ де}$$

$\sum x$ - сума варіант, n - кількість варіант у вибірці;

або, якщо варіанти багатозначні $M = A + \frac{\sum \Delta}{n}$, де A – умовна

середня, Δ – умовне відхилення.

2. Розрахунок середньої арифметичної в багаточисельних вибірках.

1) Для розрахунку побудувати робочу таблицю:

Границі Класів	Середини класів W	Частоти f	Відхилення a	Добуток fa
1	2	3	4	5

Σfa

2) Систематизувати варіанти вибірки - поділити вибірку на класи і розрахувати середини класів (W);

3) Провести розноску варіант по класах методом конверта та визначити частоту варіацій для кожного класу (f).

4) Прийняти за умовну середню (A) середину класу, який має найбільшу частоту. Цей клас буде називатись модальним.

5) Проставити в робочій таблиці в колонці 4 відхилення класів від модального класу шляхом простого відрахунку вверх $-1, -2, -3$ і т.д. і вниз $1, 2, 3$ і т.д.

6) Обчислити суму добутку fa .

7) Провести розрахунок за формулою:

$$M = A + b \quad \text{або} \quad M = A + K \frac{\sum fa}{n}, \text{ де}$$

A – умовна середня,

b – поправка,

a – відхилення від середнього класу,

f – частота,

n – кількість варіант.

3. Розрахунок середньої виваженої (M_e).

Середня виважена є результатом усереднення середніх арифметичних декількох вибірок. Вона розраховується за формулою:

$$M_e = \frac{M_1 n_1 + M_2 n_2 + \dots + M_i n_i}{n_1 + n_2 + \dots n_i} = \frac{\sum Mn}{n}, \text{ де}$$

M_e – середня виважена,

M_1, M_2, M_3 - середні арифметичні першої, другої і т.д. сукупностей

n_1, n_2, n_3 - вага (об'єм) цих сукупностей.

4. Розрахунок середніх величин для ознак, що не вимірюються.

Багато ознак не мають кількісного виміру (інтенсивність забарвлення хутра, агресивність, густина сперми і т.д.) За ступенем інтенсивності розвитку ознаки тварини можуть бути ранжовані в порядку посилення чи

послаблення прояву ознаки. Порядковий номер тварини називається рангом. Середня величина розраховується для рангів.

5. Розрахунок середньої квадратичної.

Застосовується при розрахунку середніх площ, діаметрів, радіусів (d вовни, d лейкоцитів, еритроцитів, обхват дійки)

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

6. Розрахунок середньої гармонійної.

Застосовується при усередненні швидкостей, що міняються (швидкість коней на іподромах, швидкість молоковіддачі та ін.)

$$H = \frac{n}{\sum \frac{1}{x}}$$

7. Розрахунок середньої геомертичної.

Застосовується для характеристик темпу росту, приросту популяції за певний період

$$G = \sqrt[n]{x_1 x_2 x_3 \dots x_n}$$

З а в д а н н я

1. Розрахувати середню арифметичну вибірки ваги при народженні 10 поросят гнізда однієї свиноматки (кг):

1,2 1,5 1,1 1,3 1,4 1,3 1,4 1,4 1,3 1,6

2. Розрахувати середню арифметичну вибірки корів швіцької породи за живою вагою, кг:

529	493	524	509	512	505	478	500	505
562	510	500	490	462	504	538	493	510
523	472	550	538	565	485	517	535	
469	515	470	507	491	583	481	521	
543	530	530	531	529	518	501	520	
518	552	529	436	556	478	535	541	
529	545	539	487	483	495	511	520	
497	527	480	515	465	495	497	507	
518	547	545	541	517	542	515	559	
557	520	479	475	515	514	507	537	

3. Розрахувати середню жирність молока, одержаного від корови за одну лактацію:

Місяці	% жиру	Надій, кг
III	3,8	590
IV	3,9	570
V	3,9	510
VI	3,9	480
VII	4,0	450
VIII	4,0	420
IX	4,1	390
X	4,1	330
XI	4,2	300
XII	4,2	240

4. Розрахувати середній ранг для двох самців норок №201 і №202 голубого забарвлення. Від кожного самця і групи самок одержано 20 нащадків з різним забарвленням хутра, від майже білого до темно-голубого. Який самець дає потомство з більш темним забарвленням хутра? Складений ранжований ряд нащадків плідників в порядку посилення сірого кольору:

Ранг	№ батька	Ранг	№ батька	Ранг	№ батька
1	201	7	202	14	202
2	202	8	201	15	202
3	201	9	201	16	201
4	202	10	201	17	201
5	201	11	202	18	202
6	201	12	201	19	202
		13	202	20	202

5. Виміряли обхват дійки вим'я п'яти корів і одержали такі дані:

№ корови	1	2	3	4	5
обхват дійки, см	6	5	7	8	6

Розрахувати середню квадратичну S.

6. За кожну з 5 хвилин від корови надоїли молока: 1-у хв. – 5 кг, 2-у хв. – 4, 3-ю – 2, 4-у – 1 і за 5-у – 0,5 кг.

Розрахувати середню гармонійну (H).

7. Визначити середнє відносне збільшення живої ваги телят за перші 6 місяців життя, використовуючи дані таблиці:

Показники	При народженні	Вік, міс.					
		1	2	3	4	5	6
Вага, кг	30	60	80	98	113	125	134
Відносний приріст (x)	-	2,00 (60:30)	1,33	1,22	1,15	1,11	1,07

2.16. ПОКАЗНИКИ РІЗНОМАНІТНОСТІ СЕЛЕКЦІЙНИХ ОЗНАК, МЕТОДИ ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

Мета заняття: засвоїти методи розрахунку показників різноманітності ознак і навчитись застосовувати їх у селекції.

Теоретичне обґрунтування. Показниками різноманітності ознак в сукупності можуть в деякій мірі служити ліміти, які характеризують мінімальне і максимальне значення у вибірковій сукупності і вказують на амплітуду варіації. Але цих показників недостатньо.

При вивченні варіабельності ознак особин даної сукупності застосовують такі основні статистичні параметри: середнє квадратичне відхилення (σ), коефіцієнт варіації (c_v), нормоване відхилення (t).

1. Розрахунок середнього квадратичного відхилення в малочисельних вибірках ($n < 30$). При невеликій кількості варіант середнє квадратичне відхилення розраховується за формулою:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (x-M)^2}{n-1}} \quad \text{або} \quad \sigma = \sqrt{\frac{c}{n-1}}; \quad c = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

Для розрахунку складається робоча таблиця:

X	$x-M$	$(x-M)^2$	x^2
1	2	3	4
$\sum x$		$\sum (x-M)^2$	$\sum x^2$

2. Розрахунок середнього квадратичного відхилення в багаточисельних вибірках ($n > 30$):

$$\sigma = \pm K \sqrt{\frac{\sum fa^2}{n} - \left(\frac{\sum fa}{n}\right)^2} \quad \text{або} \quad \sigma = \pm K \sqrt{\frac{c}{n-1}}; \quad c = \sum fa^2 - \frac{(\sum fa)^2}{n}$$

де: K – величина класового проміжку,
 f – частоти,
 a – відхилення від умовного середнього класу, виражене в числі класових проміжків,
 n – число варіант у вибірці.

Для розрахунку складається робоча таблиця:

Середина класів w	Частоти f	Відхилення a	fa	fa^2
1	2	3	4	5
			Σfa	Σfa^2

3. Розрахунок середнього квадратичного відхилення для альтернативних ознак.

Показник різноманітності для альтернативних ознак визначається з допомогою середнього квадратичного відхилення у відносних і абсолютних одиницях за формулою:

$$\sigma = \sqrt{pq} \quad \text{або} \quad \sigma = \sqrt{p(1-p)}, \text{ де}$$

p – доля особин, що мають дану ознаку,

q – доля особин без даної ознаки.

Величина σ завжди іменована (кг, см, % і т.д.). Якщо ж треба порівняти ступінь мінливості різноманітних ознак, наприклад, надій (кг) і вміст жиру в молоці (%), показник σ переводять у відносну величину. Для цього застосовують коефіцієнт варіації.

4. Коефіцієнт варіації розраховують за формулою:

$$c_v = \frac{\sigma \cdot 100\%}{M}$$

Величини мінливості ознаки σ і C_v мають велике значення в генетичному аналізі популяцій, а також в селекції тварин. Висока мінливість ознаки створює більш сприятливі умови для селекції, підвищуючи її ефективність.

5. Показник нормованого відхилення t використовується для характеристики окремо взятої особини:

$$t = \frac{x - M}{\sigma}$$

Кожна варіанта характеризується певним значенням t . Якщо показник нормованого відхилення будь-якої варіанти $+1$, це означає, що ця варіанта більша за M на одну сигму. Нормоване відхилення використовується при оцінці плідників за якістю потомства, при оцінці ефективності лікування та ін.

З а в д а н н я

1. Визначити середню арифметичну, середнє квадратичне відхилення та коефіцієнт варіації за даними наступної вибірки добового приросту, г:

691	587	722	812	573	750	700
660	520	640	650	750	630	650

2. Визначити середню арифметичну, середнє квадратичне відхилення та коефіцієнт варіації параметрів варіаційного ряду за настригом вовни овець:

Класи (w)	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5
Частоти (f)	4	8	52	74	116	171	249	154	96	52	28	2

3. В отарі каракульських овець нараховано 745 чорних і 255 сірих овець. Визначити величину середнього квадратичного відхилення за сірою мастю овець.

4. Порівняти коефіцієнти варіації живої маси дорослих корів і живої маси телят при народженні (дорослі корови $M = 400$, $\sigma = 48$ кг, телята при народженні - $M = 30$ кг, $\sigma = 3$ кг).

5. На основі даних таблиці розрахувати t і з допомогою цього показника дати оцінку тварини за декількома ознаками :

Ознаки	Корова (x)	Група ровесниць		$t = \frac{x - M}{\sigma}$
		M	σ	
Надій, кг	4000	3600	400	
% жиру	3,50	3,68	0,30	
Жива маса, кг	450	455	50	
Індекс м'ясності	0,52	0,58	0,05	
Висота в холці, см	120	118	10	
Глибина грудей, см	67	66,4	6	
Коса довжина тулубу, см	185	191	20	
Ширина в маклоках, см	47	48,6	4	

2.17. ОЦІНКА ВІДНОСНОЇ МІНЛИВОСТІ (КОРЕЛЯЦІЯ, РЕГРЕСІЯ) ГОСПОДАРСЬКО-КОРИСНИХ ОЗНАК У РЕНДОМІЗОВАНИЙ ВИБІРЦІ З ПОПУЛЯЦІЇ С.-Г. ТВАРИН

Мета заняття: навчитись розраховувати коефіцієнти кореляції, регресії та робити висновки на основі проведених розрахунків.

Теоретичне обґрунтування. За одночасного вивчення сукупності тварин за декількома ознаками часто виявляється існування між ними певного зв'язку. Так, тварини із більшою живою масою характеризуються вищою молочною продуктивністю.

Зв'язок між ознаками в сукупностях (групах, популяціях) рослин, тварин та мікроорганізмів називається кореляцією.

За формою кореляція є як прямолінійною, так і криволінійною, за напрямком – прямою (додатною) і оберненою (від'ємною).

За прямолінійного зв'язку рівномірним змінам однієї ознаки відповідають рівномірні зміни іншої ознаки за незначного відхилення. Наприклад, зі збільшенням довжини тулуба тварини на 1 см його ширина також збільшується на n величину.

За криволінійного зв'язку зі збільшенням однієї ознаки інша збільшується до певного моменту, а потім зменшується (або навпаки). Наприклад, зі збільшення віку корів їх надій також збільшується до 6-7 отелення, а потім у більшості корів він навпаки знижується, тобто зв'язок спочатку додатний, потім від'ємний.

Ступінь зв'язку між ознаками вимірюється за допомогою коефіцієнтів кореляції (r), кореляційного відношення (η), коефіцієнтів регресії (R) та інших показників.

Вивчення зв'язку між ознаками має велике значення для вирішення генетико-селекційних питань. Встановлення фенотипового та генотипового зв'язку між ознаками дає селекціонерам можливість проводити непряму селекцію за корелюючими ознаками.

1. Коефіцієнт фенотипової кореляції (r_p). Її властивості:

1) Коефіцієнт кореляції виражає зв'язок між ознаками у відносних величинах, а саме у вигляді дробу, який знаходиться в межах від 0 до ± 1 . Чим ближче величина дробу до одиниці, тим сильніший зв'язок між

ознаками. Якщо коефіцієнт кореляції наближається до нуля, то це свідчить про відсутність зв'язку. Прийнято вважати зв'язок слабким, якщо коефіцієнт кореляції дорівнює 0,2 - 0,3, середнім - відповідно 0,4 - 0,6, сильним - 0,7 і більше.

2) Наявність у коефіцієнта кореляції знаку «-» або «+» вказує на напрямок зв'язку. Знак «+» означає, що зв'язок між досліджуваними ознаками прямий, тобто зі зміною однієї ознаки інша, корелююча з нею, змінюється у тому ж напрямку. Якщо коефіцієнт кореляції має знак «-», то це свідчить про наявність оберненого зв'язку між ознаками, тобто збільшення (або зменшення) однієї ознаки супроводжується зменшенням (збільшенням) іншої ознаки.

3) Коефіцієнти кореляції виявляють величину і напрямок зв'язку за умови, що зв'язок між ознаками наближаються до прямолінійного.

а) обчислення r_p для малочисельних вибірок

Найбільш прийнятними в біологічних дослідженнях у малочисельних вибірках є дві формули визначення коефіцієнту кореляції:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{C_x C_y}} \quad \text{або} \quad r = \frac{C_x + C_y - C_z}{2\sqrt{C_x C_y}}$$

де: x і y – значення варіант першої та другої ознак,

n – кількість пар ознак, які порівнюються;

C_x C_y C_d - сума квадратів центральних відхилень, або дисперсії, які обчислюються за формулами:

$$C_x = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \quad C_y = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \quad C_d = \sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}$$

d – різниця між першою та другою ознаками.

б) обчислення r_p для багаточисельних вибірок

При обчисленні коефіцієнту фенотипової кореляції в багаточисельних вибірках використовується формула:

$$r = \frac{\sum f a_x a_y - n b_x b_y}{n S_x S_y},$$

де f – частота в кореляційній решітці,

a_x і a_y – відхилення класів від умовного середнього класу по першій і другій ознаці.

b_x , b_y , S_x , S_y – розраховують за формулами:

$$b_x = \frac{\sum f_x a_x}{n} \quad b_y = \frac{\sum f_y a_y}{n} \quad S_x = \sqrt{\frac{\sum f_x a_x^2}{n} - b_x^2}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum f_y a_y^2}{n} - b_y^2}$$

Для розрахунку складається кореляційна решітка

$\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}$				f_y	a_y	$f_y a_y$	$f_y a_y^2$
	II (-)		III (+)				
					0	0	0
	I (+)		IV (-)				
f_x							
a_x		0			X	X	X
$f_x a_x$		0			X	X	X
$f_x a_x^2$		0			X	X	X

За решіткою розраховуються величини: $\sum f_x a_x$, $\sum f_y a_y$, $\sum f_x a_x^2$, $\sum f_y a_y^2$, $\sum f_x a_x a_y$ (сума знаходиться по кожному квадранту та в цілому по решітці).

в) обчислення r_a для альтернативних ознак

Кореляція між альтернативними ознаками вимірюється тетрагоричним показником зв'язку.

При вивченні у кожної особи двох альтернативних ознак група розбивається на чотири частини:

P_1 - особи, які мають обидві ознаки (++);

P_2 - особи, які мають першу ознаку, але не мають другої ознаки (+ -);

P_3 - особи, які не мають першої ознаки, але мають другу ознаку (- +);

P_4 - особи, які не мають обох ознак (- -).

Тетрахоричний показник зв'язку обчислюють за формулою:

$$r_a = \frac{P_1P_4 - P_2P_3}{\sqrt{(P_1 + P_2)(P_3 + P_4)(P_1 + P_3)(P_2 + P_4)}}$$

г) обчислення рангового коефіцієнту кореляції Спірмена (r_s)

При обчисленні рангового (порядкового) коефіцієнту кореляції складають ранжований ряд за зростаючим або спадаючим ступенем прояву ознаки. Порядкові номери тварин (їх ранги) включають в обробку. Якщо в групі дві і більше тварин мають однакову вираженість ознаки, то їм дається середній ранг, розрахований як середня арифметична величина рангів, які вони могли б мати.

Формула для обчислення рангового коефіцієнту кореляції:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

де d - різниця рангів двох ознак в кожній їх парі,

n - кількість тварин у вибірці.

2. Коефіцієнт генетичної кореляції (r_G).

Коефіцієнти генетичної кореляції набули важливого значення в селекційно-племінній роботі. Ступінь і характер генетичних кореляцій між ознаками тісно пов'язані з ефектом селекції і повинні враховуватися при відборі батьківських пар для одержання нащадків з найкращим поєднанням бажаних ознак.

Генетична кореляція може бути обчислена при наявності показників споріднених груп (матері-дочки, батьки-сини, напівсибси, повні сибси, близнюки), на основі використання формул Хейзеля:

$$r_{Gxy} = \sqrt{\frac{r_{xy^I} \cdot r_{yx^I}}{r_{xx^I} \cdot r_{yy^I}}}, \quad \text{або} \quad r_{Gxy} = \sqrt{\frac{R_{xy^I} \cdot R_{yx^I}}{R_{xx^I} \cdot R_{yy^I}}}, \quad \text{де}$$

x, y - фенотиповий вияв двох ознак у дочок;

x^I, y^I - те ж саме у матерів;

r - коефіцієнти фенотипової кореляції;

R - коефіцієнти регресії між відповідними ознаками дочок і матерів.

У випадку коли у першій формулі в чисельнику один з показників від'ємний, рекомендується користуватися формулою:

$$r_{Gxy} = \frac{(rxy^1 + ryx^1):2}{\sqrt{rxx^1 \cdot ryy^1}}$$

Якщо обидва коефіцієнти кореляції в чисельнику від'ємні, то використовують обчислення, не звертаючи увагу на знаки. В знаменнику обидва коефіцієнти кореляції повинні бути додатними, інакше користуватися формулою не можна.

3. Коефіцієнти прямолінійної регресії (R)

Та величина, на яку в середньому змінюється друга ознака при зміні першої на одиницю виміру (або навпаки) називається коефіцієнтом регресії.

а) обчислення R для малочисельних вибірок

Для малочисельних вибірок коефіцієнти регресії розраховуються за формулами:

$$R_{x/y} = \frac{\sum x \cdot y - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}} ; \quad R_{y/x} = \frac{\sum x \cdot y - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

б) обчислення R для багаточисельних вибірок

Для багаточисельних вибірок коефіцієнти регресії розраховуються за формулами:

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

r - коефіцієнт кореляції між ознаками x і y ;

σ_y σ_x - середнє квадратичне відхилення за ознаками x і y .

4. Рівняння прямолінійної регресії

Рівняння прямолінійної регресії широко використовується для визначення величини певної ознаки без безпосереднього виміру, якщо відоме значення іншої ознаки, яка з нею корелює.

Коефіцієнт прямолінійної регресії показує, на скільки від своєї середньої відхиляється друга ознака, якщо перша ознака від своєї середньої відхилилась на одиницю виміру. Зазначене можна виразити такою формулою:

$$(y - M_y) = R_{y/x} (x - M_x)$$

Позначивши $R_{y/x}$ через b та зробивши необхідні перетворення цього виразу, можна одержати робочу формулу прямолінійної регресії:

$$(y - M_y) = b(x - M_x)$$

$$y - M_y = bx - bM_x$$

$$y = M_y - bM_x + bx$$

$$M_y - bM_x = a$$

$$y = a + bx$$

За цією формулою, знаючи значення x (аргументу), можна визначити значення y (функції), безпосередньо не вимірюючи його.

З а в д а н н я

1. Розрахувати коефіцієнт фенотипової кореляції (r) між віком свиноматок (x) та рівнем їх плодючості (y):

x	2	1	5	7	3	2	6	1	4	3
y	9	7	11	10	11	8	11	6	12	14

2. Розрахувати коефіцієнт фенотипової кореляції (r) між живою масою корів (x) та живою масою їх телят при народженні (y):

x	y	x	y	x	y	x	y
380	20	445	36	459	44	487	38
479	45	445	34	450	42	413	31
409	40	460	35	438	33	420	35
405	26	426	32	415	29	450	33
463	48	439	35	395	28	487	46
412	28	450	39	493	49	478	41
433	44	385	36	460	30	440	37
446	44	430	39	475	44	485	42
479	38	459	37	390	23	400	39
440	35	441	30	453	35	452	38
470	36	478	37	395	30	423	23
485	48						

3. При вивченні впливу селекції на резистентність курчат до пуллорозу виявилось, що після зараження живою культурою з 220 курчат вижило 115, загинуло 105, а в відселекційованій групі вижило 560, загинуло 58. Визначити тетрагоричний показник зв'язку між

резистентністю курчат до пуллорозу та ступенем селекції стада за цією ознакою.

4. Потрібно в'ясувати, чи є зв'язок між агресивністю норок та ступенем опушеності хутра. Для цього було відібрано 6 норок, які оцінені за обома ознаками і розміщені за рангами: агресивність від спокійного (ранг 1) до найагресивнішого (ранг 6), а ступінь опушеності – від гіршої до кращої:

Норки	А	Б	В	Г	Д	Е
Агресивність	1	2	3	4	5	6
Опушеність	3	1	2	6	4	5

5. На основі даних фенотипових кореляцій одержані наступні коефіцієнти у курей: між живою масою у 32-тижневому віці і річною яйценокністю матерів $gx_1 = +0,092$; між живою масою у тому ж віці і річною яйценокністю дочок $gx_2 = +0,164$; між живою масою дочок і матерів у 32-тижневому віці $g_{xx} = +0,410$; між річною яйценокністю дочок і матерів $gy_1 = +0,340$. Розрахувати коефіцієнт генетичної кореляції.

6. Визначити на скільки зросте (або зменшиться) кількість поросят за один опорос при збільшенні віку свиноматок на 1 опорос, використовуючи матеріали завдання № 1.

7. Визначити на скільки зросте (або зменшиться) жива маса теляти при народженні при збільшенні маси корови на 1, 10 і 100 кг, використовуючи матеріали завдання № 2. При цьому необхідно врахувати, що $\sigma_x = S_x \times K_x$, $\sigma_y = S_y \times K_y$.

8. Для розробки способу визначення маси коней за обхватом грудей (без зважування) було зважено 1618 коней і у кожного з них взято вимір обхвату грудей. Одержані наступні показники: x - обхват грудей, $M_x = 174$ см, $\sigma_x = 7,9$ см; y - жива маса, $M_y = 424$ кг, $\sigma_y = 56,8$ кг.

Коефіцієнт кореляції $r = +0,89$. Записати рівняння прямолінійної регресії та розробити таблицю визначення живої маси коней за обхватом їх грудей.

2.18. РЕПРЕЗЕНТАТИВНІСТЬ ВИБІРКОВИХ ПОКАЗНИКІВ

М е т а з а н я т т я: навчитись розраховувати помилки репрезентативності та вірогідність вибірових показників.

Теоретичне обґрунтування.

1. Типи помилок та їх джерела:

1) Помилки, які є наслідком прорахунків, описок, арифметично неправильних обчислень. Вони мають місце через неухажне ставлення до роботи.

2) Систематичні помилки, які виникають в результаті неточного виміру якого-небудь показника. Цих помилок можна уникнути шляхом проведення повторних (багаторазових) вимірів або застосуванням більш точних приладів.

3) Статистичні помилки, або помилки репрезентативності – обумовлені самим статистичним методом. Чим менша статистична помилка певного показника, тим точніше вибіркові дані характеризують генеральну сукупність.

2. Помилка середньої арифметичної. Довірчі межі, критерій достовірності.

В основі статистичних помилок лежить порівняння вибіркового параметра з аналогічним параметром генеральної сукупності. Якщо $n_{\text{виб}} = n_{\text{ген}}$, то вибіркові і генеральні параметри однакові і систематична помилка відсутня. Якщо $n_{\text{виб}} < n_{\text{ген}}$, то помилка тим більша, чим менше $n_{\text{виб}}$ і чим більша мінливість ознаки. Помилку позначають буквою m з підстрочним символом того параметра, для якого вона визначена (m_M, m_r, m_R і т.д.).

Статистичну помилку для середньої арифметичної обчислюють за формулою: $m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, де

σ – вибіркове стандартне відхилення,

n – об'єм вибірки.

Помилка є іменованою величиною і виражається в тих же одиницях, що і M . Величину середньої арифметичної та її помилку прийнято записувати $M \pm m$.

Для визначення достовірності вибіркової середньої або будь-якого іншого статистичного параметру використовують критерій достовірності Стюдента (t), який отримують діленням статистичного параметру на його статистичну помилку. Так, для середньої арифметичної він визначається за формулою: $t_M = \frac{M}{m_M}$.

Величина t пов'язана з рівнем достовірності, або імовірності (p), який має три пороги:

- | | | | |
|----|------------|-----------------|---------------------|
| 1. | $t = 1,96$ | при імовірності | $p = 0,95$ (95%) |
| 2. | $t = 2,58$ | при імовірності | $p = 0,99$ (99%) |
| 3. | $t = 3,29$ | при імовірності | $p = 0,999$ (99,9%) |

При таких порогах імовірності вибіркового середнього параметр правильно відображає його величину в генеральній сукупності з імовірністю (надійністю) 95, 99 і 99,9% при чисельності вибірок відповідно 30, 100 і 200 варіант. При меншій чисельності вибірки слід користуватись спеціальною таблицею Стюдента.

Число ступенів свободи (v) при визначенні достовірності вибірових величин визначається за формулою $v = n - 1$.

Перший поріг достовірності є цілком достатнім (надійним) для більшості зоотехнічних досліджень, другий – застосовується в економічних розробках, третій – при перевірці різних гіпотез, вирішенні спірних питань, дослідженні шкідливих та отруйних речовин.

Якщо обчислене значення t буде менше ніж 1,96, то вибіркового параметр невірогідний (недостовірний) і не може служити характеристикою генеральної сукупності. У такому випадку дослід потрібно повторити, збільшивши об'єм вибірки.

Статистичні помилки та критерій достовірності застосовуються для визначення так званих довірчих меж. Довірчими межами називають крайні значення, в межах яких може знаходитись параметр генеральної сукупності. Для середньої арифметичної $M_{\text{ген.}} = M \pm t m_M$.

3. Визначення помилок для інших біометричних показників.

Помилки інших вибірових показників обчислюються за формулами: середнього квадратичного відхилення: $m_\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$;

коефіцієнту варіації: $m_{cv} = \frac{c_v}{\sqrt{2n}}$; коефіцієнту кореляції: $m_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}$;

коефіцієнту регресії: $m_R = m_r \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$;

кореляційного відношення: $m_\eta = \sqrt{\frac{1-\eta^2}{n-2}}$

Достовірність вибірових параметрів визначають діленням їх на помилки:

$$t_M = \frac{M}{m_M}, \quad t_\sigma = \frac{\sigma}{m_\sigma}, \quad t_r = \frac{r}{m_r} \quad \text{і} \quad \text{т.д.}$$

4. Достовірність різниці між середніми арифметичними двох вибірок.

У багатьох випадках виникає необхідність порівняти середні арифметичні двох груп тварин (наприклад, середню живу масу тварин дослідної та контрольної груп, середню продуктивність дочок двох плідників і т.д.). Середні двох груп особин, які порівнюються, завжди в певній мірі відрізняються одна від одної. Тому необхідно визначити, чи достовірна ця різниця.

Достовірність різниці (t_d) визначають за формулою:

$$t_d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}.$$

Достовірність порівнюють зі стандартними величинами таблиці Стьюдента і визначають поріг імовірності при $v = n_1 + n_2 - 2$.

5. Визначення об'єму вибірки, необхідного для одержання достовірних параметрів.

Підвищення достовірності статистичних параметрів досягається збільшенням об'єму вибірки. Знаючи це, потрібно наперед, до організації вибірки, визначити її об'єм, який буде достатнім для одержання достовірних параметрів. Це можна зробити декількома способами:

1) Якщо ступінь мінливості ознаки невідомий, то чисельність вибірки можна визначити за таблицею достатньо великих чисел, в якій передбачаються наступні дані: величина допустимої процентної помилки статистичних параметрів (E , %) і рівень імовірності (p), на якому бажано одержати ці параметри.

Е, %	Рівень імовірності		
	0,95	0,99	0,999
5	384	663	1082
4	600	1036	1691
3	1067	1843	3007
2	2400	4146	6767
1	9603	16587	27069

$$E = \pm \frac{100 \cdot m_M}{M} \%$$

Така велика чисельність вибірки допускається в тих випадках, коли нічого невідомо про генеральну сукупність.

2) Знаючи орієнтовно величину M , σ або Cv , можна визначити об'єм вибірки за формулою:

$$n = \frac{N}{N\left(\frac{d}{t}\right)^2 + 1}, \quad \text{де}$$

n – об'єм вибірки, який визначається;

N – чисельність генеральної сукупності;

$d = \frac{\Delta}{\sigma}$ – допустиме розходження, виражене в частках, або показник

точності;

Δ (дельта) – допустиме розходження між вибіровим параметром і параметром генеральної сукупності;

σ – стандартне відхилення ознаки, характерне для генеральної сукупності;

t – критерій достовірності.

Якщо σ невідома, то її можна визначити орієнтовно шляхом ділення розмаху варіювання на 6: $\sigma = X_{max} - X_{min} / 6$.

З а в д а н н я

1. Визначити статистичні помилки і довірчі межі при $t = 1,96$ (перший поріг достовірності) для середніх арифметичних:

- надою за лактацію ($M_1 = 4000$ кг, $\sigma_1 = 500$ кг);

- проценту жиру ($M_2 = 3,8$ %, $\sigma_2 = 0,3$ %);

- проценту молочного білка ($M_3 = 3,2$ %, $\sigma_3 = 0,1$ %).

Всі дані одержані на вибірці 100 корів.

2. Визначається ефективність впливу мікроелементів при відгодівлі бичків. Сформовано дві групи по 14 голів – контрольна і дослідна. Обидві групи відгодовували на однакових раціонах, але тварини дослідної групи

додатково одержували мікроелементи. Результати наступні: дослідна група – $M_1 = 300$ кг, $m_1 = 9$ кг; контрольна група: $M_2 = 260$ кг, $m_2 = 6$ кг. Чи достовірна різниця і з якою імовірністю?

3. Скільки корів потрібно відібрати зі стада чисельністю 100 голів для того, щоб $M_{\text{виб.}}$ достовірно ($p = 0,95$) характеризувала генеральну сукупність за жирномолочністю при абсолютному розходженні $\Delta = M_{\text{виб}} - M_{\text{ген}} = 0,05$ %, коли відомо, орієнтовно, що $X_{\min} = 2,8$, $X_{\max} = 4,2$ %.

**Стандартні значення критерію t для малих виборок
(за Стьюдентом)**

Число ступенів свободи (v)	Вірогідність (P)		
	P<0,05 (*)	P<0,01 (**)	P<0,001 (***)
1	12,70	63,66	-
2	4,30	9,93	31,60
3	3,18	5,84	12,94
4	2,78	4,60	8,61
5	2,57	4,03	6,86
6	2,45	3,71	5,96
7	2,37	3,50	5,41
8	2,31	3,36	5,04
9	2,26	3,25	4,78
10	2,23	3,17	4,59
11	2,20	3,11	4,44
12	2,18	3,06	4,32
13	2,16	3,01	4,22
14	2,15	2,98	4,14
15	2,13	2,95	4,07
16	2,12	2,92	4,02
17	2,11	2,90	3,97
18	2,10	2,88	3,92
19	2,09	2,86	3,88
20	2,09	2,85	3,85
21	2,08	2,83	3,82
22	2,07	2,82	3,79
23	2,07	2,81	3,77
24	2,06	2,80	3,75
25	2,06	2,79	3,73
26	2,06	2,78	3,71
27	2,05	2,77	3,69
28	2,05	2,76	3,67
29	2,05	2,75	3,66
30	2,04	2,75	3,65
∞	1,96	2,58	3,29

2.19. ОЦІНКА ВПЛИВУ ОРГАНІЗОВАНИХ ФАКТОРІВ НА МІНЛИВІСТЬ ГОСПОДАРСЬКО-КОРИСНИХ ОЗНАК (ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ)

М е т а з а н я т т я: освоїти метод дисперсійного аналізу для практичного використання в ветеринарній практиці та при вирішенні селекційних завдань.

Теоретичне обґрунтування. На формування ознак у тварин впливають генетичні фактори (спадковість), зовнішнє середовище (годівля, утримання, погода та ін.), внутрішні фактори організму (вік, стан статевого циклу), штучний відбір і добір.

Ступінь і спрямованість дії різних факторів неоднакові, тому важливо визначити частку впливу окремих факторів на мінливість ознаки. Це питання можна вирішити математично, застосовуючи метод дисперсійного аналізу, розробленого Фішером (1925).

Основне завдання дисперсійного аналізу – визначити частку впливу на варіюючу ознаку кожного врахованого і неврахованого (або випадкового) фактору, а також встановити ступінь вірогідності цього впливу.

Дисперсійний аналіз широко застосовується для вирішення селекційно-генетичних задач в тваринництві: при визначенні коефіцієнту успадковуваності (h^2), для оцінки плідників за якістю нащадків та ін.

1. Основні терміни і величини

При проведенні дисперсійного аналізу користуються такими поняттями та їх символами:

- результативна ознака (y), тобто та варіююча ознака, для якої проводиться дисперсійний аналіз мінливості;
- враховані (або організовані) фактори (x), тобто фактори, які вивчаються і контролюються в досліді;
- невраховані (або випадкові) фактори (z), які не враховуються і не контролюються схемою досліду, але мають певний вплив на ознаку;
- градації або класи (I) організованого фактора;
- варіанти результативної ознаки (v);

- статистичний комплекс – вибіркова сукупність, яка побудована (організована) по градаціях організованого (врахованого) фактора;

- дисперсії: загальна (c_y), окрема або факторіальна (c_x), залишкова (c_z),

$$c_y = c_x + c_z;$$

- ступені свободи : для організованих факторів (v_x) і випадкових (v_z)

$$v_x = l_x - 1, v_z = N - l_x.$$

- варіанси : факторіальна $(\sigma_x)^2$ і залишкова $(\sigma_z)^2$:

$$\sigma_x^2 = \frac{c_x}{v_x}; \quad \sigma_z^2 = \frac{c_z}{v_z};$$

- частка мінливості, обумовлена впливом врахованих $(\eta_x)^2$ та випадкових $(\eta_z)^2$ факторів, або інакше факторіальна і залишкова частка мінливості:

$$\eta_x^2 = \frac{c_x}{c_y} \cdot 100 \% \quad \eta_z^2 = \frac{c_z}{c_y} \cdot 100 \%;$$

- критерій достовірності Фішера (F):

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_z^2}$$

2. Типи статистичних комплексів

Вибіркові дані для дисперсійного аналізу зводять в таблицю статистичного комплексу. Статистичні комплекси бувають:

а) Залежно від числа факторів, включених в комплекс:

1) однофакторні

	А			$l_A = 3$
	A_1	A_2	A_3	
n				$\sum n = N$
$\sum V$				$\sum \sum V$
$(\sum V)^2$				-
$hx = (\sum V)^2 \div n$				$\sum hx$
$\sum V^2$				$\sum \sum V^2$

2) двофакторні

	A ₁			A ₂			l _A = 2 l _B = 3
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₁	B ₂	B ₃	
n							$\sum n = N$
$\sum V$							$\sum \sum V$
$(\sum V)^2$							-
hx							$\sum hx$
$\sum V^2$							$\sum \sum V^2$

3) багатофакторні

б) Залежно від співвідношення між кількістю спостережень за градаціями комплексу:

1) рівномірні (ортогональні). Для них характерна однакова кількість спостережень в усіх градаціях;

2) пропорційні, в яких співвідношення між кількістю спостережень за градаціями одного фактора таке ж, як і співвідношення між кількістю спостережень за градаціями іншого фактора;

3) нерівномірні комплекси, в яких кількість спостережень в усіх градаціях різна і непропорційна.

в) Залежно від особливостей градацій:

1) з фіксованими градаціями (фактор А – стаття);

2) з варіюючими градаціями (фактор А – надій);

3) ієрархічний комплекс. В таких комплексах поєднання факторів та градацій підпорядковане і утворює так зване ієрархічне дерево.

3. Для проведення розрахунків слід користуватись наступними допоміжними формулами:

$$H = \frac{(\sum \sum V)^2}{N}; \quad \sum hx = \sum \frac{(\sum V)^2}{n};$$

$$c_y = \sum \sum V^2 - H;$$

$$c_x = \sum hx - H; \quad c_z = \sum \sum V^2 - \sum hx;$$

З а в д а н н я

Визначити частку впливу мінеральної підкормки для підсвинків на їх прирости (в кг) за певний період.

Градації				
1	2	3	4	5
2	4	5	9	3
3	3	6	7	6
1	6	4	6	5
	3	6	6	6
		9		

2.20. ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТИ ФЕНОТИПІВ, ГЕНОТИПІВ І АЛЕЛІВ В ПОПУЛЯЦІЇ ТА ОЦІНКА ЇЇ ГЕНЕТИЧНОЇ РІВНОВАГИ

М е т а з а н я т т я: освоїти методи визначення частоти фенотипів, генотипів і алелів в популяції залежно від характеру ознаки, її успадкування та складності локусів на конкретних прикладах.

Теоретичне обґрунтування. Кожна популяція характеризується певною генетичною структурою, тобто співвідношенням алелів і генотипів.

Припустимо, що в умовній популяції співвідношення генотипів таке:

$$4 AA : 4 Aa : 2 aa \quad \text{або} \quad 0,4 AA : 0,4 Aa : 0,2 aa$$

Частоти алелів А і а:

$$A = 0,8 + 0,4 = 1,2$$

$$a = 0,4 + 0,4 = 0,8$$

Ці алелі порівну розділяться між чоловічими і жіночими гаметами. Якщо прийняти, що число жіночих або чоловічих гамет дорівнює одиниці, то співвідношення цих гамет буде 0,6 А : 0,4 а.

Розщеплення в F₁:

♀ \ ♂	0,6 А	0,4 а
	0,6 А	0,4 а
0,6 А	0,36 AA	0,24 Aa
0,4 а	0,24 Aa	0,16 aa

Співвідношення генотипів в F₁: 0,36 AA : 0,48 Aa : 0,16 aa

Співвідношення алелів в F₁:

$$(0,72 + 0,48) A + (0,48 + 0,32) a = 1,2 A + 0,8 a$$

Між чоловічими і жіночими гаметами дані алелі розділяться з такою частотою:

$$\text{жіночі} - 0,6 A : 0,4 a$$

$$\text{чоловічі} - 0,6 A : 0,4 a$$

Тобто співвідношення гамет, які утворюють гібриди першого покоління, буде таке саме, як у вихідних батьківських форм, а значить, співвідношення генотипів у другому поколінні буде таким, як у першому поколінні і так далі.

Цю закономірність незалежно один від одного встановили Г. Харді та В. Вайнберг. Закон Харді-Вайнберга говорить про те, що за певних умов (при відсутності дії на популяцію відбору, мутацій і міграцій) співвідношення алелів і генотипів у популяції залишатиметься сталим з покоління в покоління.

Якщо позначити частоту алеля A через p, а частоту алеля a через q (p + q = 1), то співвідношення генотипів буде:

$$p^2 AA + 2pq Aa + q^2 aa = 1$$

Для обчислення частот фенотипів, генотипів і алелів в популяції застосовуються приведені нижче формули.

1. Обчислення частот фенотипів в популяції:

$$f_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad \text{або} \quad \frac{n_1 \cdot 100}{n_1 + n_2} \% ; \quad f_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \quad \text{або} \quad \frac{n_2 \cdot 100}{n_1 + n_2} \%$$

n_1 - число особин з фенотипом A₁, f_1 - їх частота

n_2 - число особин з фенотипом A₂, f_2 - їх частота

2. Обчислення частот генотипів з фенотиповим проявом гетерозиготності при кодомінуванні або неповному домінуванні:

$$f_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2 + n_3} \quad \text{або} \quad \frac{n_1 \cdot 100}{n_1 + n_2 + n_3} \% ; \quad f_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2 + n_3} \quad \text{або} \quad \frac{n_2 \cdot 100}{n_1 + n_2 + n_3} \%$$

n_1 - число особин з генотипом A₁A₁ f_1 - їх частота

n_2 - число особин з генотипом A₂A₂ f_2 - їх частота

n_3 - число особин з генотипом A₁A₂ f_3 - їх частота

3. Обчислення частоти алельних генів А і а за кількістю генотипів двоалельної системи:

$$P_A = \frac{2n_1 + n_3}{2(n_1 + n_2 + n_3)} \quad \text{або} \quad \frac{(2n_1 + n_3) \cdot 100}{2(n_1 + n_2 + n_3)} \%$$

$$q_a = \frac{2n_2 + n_3}{2(n_1 + n_2 + n_3)} \quad \text{або} \quad \frac{(2n_2 + n_3) \cdot 100}{2(n_1 + n_2 + n_3)} \%$$

n_1 - число особин з генотипом АА

p - частота гена А

n_2 - число особин з генотипом аа

q - частота гена а

n_3 - число особин з генотипом Аа

$$p + q = 1$$

4. Обчислення частоти генів A_1, A_2, A_3 за кількістю генотипів трьохалельної системи:

$$P_{A_1} = \frac{2n_1 + n_4 + n_5}{2N}; \quad q_{A_2} = \frac{2n_2 + n_4 + n_6}{2N}; \quad Z_{A_3} = \frac{2n_3 + n_5 + n_6}{2N}$$

$$N = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6$$

n_1 - число особин з генотипом A_1A_1

n_2 - число особин з генотипом A_2A_2

n_3 - число особин з генотипом A_3A_3

n_4 - число особин з генотипом A_1A_2

n_5 - число особин з генотипом A_1A_3

n_6 - число особин з генотипом A_2A_3

p - частота гена A_1

q - частота гена A_2

z - частота гена A_3

5. Обчислення частоти гетерозиготних особин Аа з рецесивним геном а, що не проявляється, за формулою Харді-Вайнберга:

а) визначити частоту гену а (q) $q_a = \sqrt{q^2}$;

б) визначити частоту гену А (p) $p_A = 1 - q$;

в) визначити частоту гетерозигот Аа (f_{Aa}) $f_{Aa} = 2pq$;

г) визначити частоту гомозигот АА (f_{AA}) $f_{AA} = p^2$.

6. Визначення генної рівноваги популяції

Генна рівновага популяції визначається за формулою Харді-Вайнберга, дещо модифікованою:

$$p^2q^2 = \left(\frac{2pq}{2}\right)^2$$

З а в д а н н я

1. У ВРХ шортгорнської породи червона масть обумовлена генотипом RR, біла - генотипом rr. Гетерозиготи (Rr) мають чалу масть. В популяції шортгорнської худоби налічується 500 червоних, 460 чалих і 159 білих корів. Визначити частоти червоної, чалої і білої мастей, а також частоти генів R і r.

2. При вивченні трансферинового локусу (Tf) сироватки крові холмогорської породи ВРХ встановлено такий розподіл фенотипів: А/А – 59, Д/Д – 111, Е/Е – 3, А/Д – 154, А/Е – 9, Д/Е – 24. Визначити частоту генів Tf^A , Tf^D , Tf^E .

3. На кролівницькій фермі серед молодняка кроликів породи шиншила з 5437 особин 19 виявились альбіносами з генотипом aa. Визначити частоти альбінізму і шиншили (генотипи AA і Aa) за формулою Харді-Вайнберга. Чи знаходиться популяція в стані генної рівноваги?

4. Серед коней чистокровної верхової породи зустрічається носова кровотеча, яка обумовлена аутосомним геном f. Його алель F не спричиняє носової кровотечі. Серед 185 голів коней 17 тварин виявились з носовою кровотечею, які загинули під час скачок. Визначити частоти тварин різних фенотипів і генотипів, домінантного і рецесивного алелів, кількість тварин різних генотипів. Яка частота появи коней з носовою кровотечею в наступному поколінні при випадковому паруванні фенотипово здорових тварин?

5. У дзеркального коропа відсутність луски (голість) обумовлена домінантним геном N, який в гомозиготному стані (NN) має летальну дію. Лускатість (нормальний стан) контролюється його рецесивним алелем n. В сітку зловили 428 лускатих і 32 голих коропа. Визначити частоти генів лускатості і голості, частоти всіх можливих генотипів. Яка імовірність появи коропів з генотипом NN в наступному поколінні?

2.21. СПАДКОВІ АНОМАЛІЇ ОСНОВНИХ ВИДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН

Мета заняття: вивчити спадкові хвороби основних видів с.-г. тварин та особливості їх успадкування.

Теоретичне обґрунтування. Спадкові аномалії – це морфо-функціональні порушення в організмі, які детермінуються генами і передаються з покоління в покоління.

Міжнародний список аномалій тварин за Стромонтом (1958) і Візнером (1979)

Індекс	Назва аномалії	Фенотип аномалії	Тип успадкування
Велика рогата худоба			
A ₁	Ахондроплазія ₁ (карликовість бульдогоподібна)	У гомозиготних (DD) телят голова мопсоподібна з укороченою верхньою щелепою, дуже укорочені кінцівки. Вони абортуються на 5-6 місяці тільності. Виявлена у джерсейської, герефордської, англійської фризької порід.	д з рлд
A ₂	Ксеродермія (недосконалий епітеліогенез шкіри)	Дефекти зовнішнього шару шкіри, відсутність всіх шарів епідермісу, особливо нижче зап'ястних і скакальних суглобів. Відмічається недорозвинення копит, деформація вух, локальна безшерстість, дефекти слизової оболонки носа, язика, твердого піднебіння тощо. Вперше зареєстрована у голштинів США, а потім у герефордської, джерсейської; гернсейської, айрширської, червоно-рябої шведської, чорно-рябої голландської худоби.	р
A ₃	Ахондроплазія ₂ (карликовість)	Не така екстремальна, як A ₁ . Плоди виношуються нормально, але гинуть незабаром після народження. Нерідко вони мають розщеплене тверде піднебіння і деформації щелеп. Вперше виявлена телемарської худоби, спостерігається у джерсеїв.	р

A ₄	Природжена гіпотріхія (природжена безшерстість)	Телята народжуються часткового або зовсім безволосими і гинуть через декілька хвилин після народження. Найхарактерніша для шведського і німецького відріддя чорно-рябої худоби, що пов'язано з інтенсивним використанням бугая Принц Адольф. У Росії масові випадки народження безшерстих телят спостерігалися у чорно-рябої худоби.	р
A ₅	Акротеріоз (природжена відсутність кінцівок)	Передні кінцівки у телят ніби ампутовані на рівні зап'ястних, а задні – скакальних суглобів. Характерними є також викривлення хребта, редукція нижньої та атрофія верхньої щелеп, водянка головного мозку, „вовча паща”, катаракта, мікрофтальмія, крипторхізм. Телята народжуються мертвими або гинуть незабаром після народження. Вперше описана у німецької чорно-рябої худоби у потомстві бугая Галлуса, а також у шведських порід гернзеїв та джерсеїв. У худоби галловейської породи в Англії близько 16% тварин є носіями гену. Масові випадки акротеріозу в 1978-1980 роках зареєстровані у декількох господарствах Псковської області.	р
A ₆	Муміфікація плоду	Дегідратація та зморщування (муміфікація) плоду і плідних оболонок. Тіло таких плодів дуже зморщене через дегідратацію, кінцівки не згинаються. Плід відмирає в останню третину вагітності, викиднів не буває. Народження таких телят супроводжується великими труднощами. Часто зустрічається у джейсерів, гернсеїв, шведських порід. Вперше описаний на червоній датській.	р
A ₇	Параліч задніх кінцівок	Телята нормально розвинені, проте у них повністю паралізовані задні кінцівки. Часто зустрічається у червоної датської і червоно-рябої шведської худоби. 25% червоної датської худоби гетерозиготні за даним геном. У норвезької червоно-рябої худоби параліч задніх кінцівок супроводжується помутнінням рогівки.	р

A ₈	Артрогрипоз (м'язова контрактура)	Виділяють артрогрипоз передніх, задніх і всіх кінцівок. При цьому спостерігаються анкілози суглобів, флексура м'язів і зв'язок. Кінцівки зігнуті, суглоби жорсткі, нерухомі. Зареєстрований у норвезької худоби, голштинської і гернсейської порід США, чорно-рябої худоби СНД і ФРН. Як напівлетальна ознака артрогрипоз передніх кінцівок описаний в естонської чорно-рябої породи.	р
A ₉	Анкілоз щелепи	Скостеніння і нерухомість нижньощелепного суглоба.	р
A ₁₀	Вкорочення хребта („лосеподібні телята”)	Редукція зачатків хребців, зростання їх з ребрами, яких є всього 6-7 пар. Телята народжуються мертвими або гинуть під час пологів.	р
A ₁₁	Летальний фактор Лютикова	Викидні або мертвонароджені телята, в яких не відмічається ніяких особливих відхилень від норми. Описаний професором К.М.Лютиковим у 1932 році.	р
A ₁₂	Гідратація (загальна водянка ембріону)	Накопичення рідини в підшкірній сполучній тканині в ділянках голови, шиї, грудній і черевній порожнинах. Телята народжуються мертвими в строк або на 1-2 місяці раніше. Виявлена в айрширської і шведської чорно-рябих порід. Серед чорно-рябої худоби ФРН і Костромської області Росії виявлено телят, у яких водянки поєднувалися з укороченою нижньою щелепою.	р
A ₁₃	Загальний анкілоз	Скостеніння і нерухомість усіх суглобів, „вовча паша”. Виявлений у Франції у м'ясної породи шароле. У потомстві окремих бугаїв спостерігається більше 5% аномальних тварин. У 1982 році 11% поголів'я червоної датської породи у США були гетерозиготні за цим геном.	д чи р
A ₁₃	Аномалії молярів	Зміщення зубів нижньої щелепи. Загибель телят у перші дні життя.	р
A ₁₅	Ахондропластичне вкорочення кінці	Вади розвитку нижньої щелепи в поєднанні із вкороченням кінцівок.	р

A16	Атрезія ануса	Відсутність анального отвору. Рідка аномалія.	р
A17	Артрогіпоз передніх кінцівок („ведмедячі бабки”)	Ноги викривлені всередину або назовні і часто анкіловані (суглоби скостенілі і нерухомі). Телята народжуються мертвими, а якщо живі, то неспроможні стояти. Спостерігається у телят, одержаних від близькоспорідненого парування, костромської, сичовської, чорно-рябої та холмогорської порід.	мабуть р
A18	Мозкова грижа	Утворення щілини в даху черепа, через яку виходить грижа, яка утворена з твердої мозкової оболонки або частин мозку з павутинною і м'якою мозковими оболонками і заповнена спинномозковою рідиною.	р
A19	Вкорочення нижньої щелепи	У телят нижня щелепа вкорочена, тому вони не можуть ссати. Зареєстрована і чорно-рябої породи.	р
A20	Синдром агнатії (відсутність щелепи)	Сильна ступінь мікрогнатії, агнатія або нижньощелепно-лицеві порушення.	р
A21	Антимаскулярний летальний фактор	При злитті яйцеклітини, яка має цей ген, зі сперматозоїдом, запрограмованим на чоловічу стать (з Y-хромосомою), зиготи відмирають. Це призводить до порушення співвідношення статей (80♂♂:100♀♀), тобто зниженої частоти отелення самцями (див. A28). Спостерігається у деяких родинах корів англєрської породи.	р зч
A22	Двохстороння непрохідність носа	Заростання ніздрів. Телята гинуть при народженні або незабаром після цього.	д
A23	Відсутність задніх кінцівок	“Повзучі телята”.	мабуть р
A24	Гідроцефалія (вроджена водянка головного мозку)	Сильне збільшення об'єму (до 3-5 л) церебральної рідини і накопичення її у шлуночках головного мозку, який внаслідок цього атрофується і деформується, збільшується у розмірі, що зумовлює деформування черепа. Найчастіше спостерігається у айрширської худоби.	р

A ₂₅	Вроджені судоми і епілепсія	Судоми всієї мускулатури тулуба. Телята гинуть незабаром після народження. У мозку виявляються мікроскопічні дефекти.	р
A ₂₆	Подовження терміну вагітності ¹	Термін вагітності збільшується на 20-90 днів. Телята мають нормальну будову тіла, але народжуються мертвими чи гинуть під час отелення (див. A ₂₇ та A ₃₄). Виявлена у голштинської і червоно-рябої шведської порід.	р
A ₂₇	Подовження терміну вагітності ²	Термін вагітності збільшується на 80-100 днів. У плодів виражена акромегалія, а тому не обходяться без ембріотомії (див. A ₂₇ та A ₃₄). Виявлена у голштинської і червоно-рябої шведської порід.	р
A ₂₈	Зональна (смугаста) безшерстність	У корів повна відсутність волосяного покриву у районі тазостегнових суглобів. Ділянки, які не мають волосяного покриву, мають вигляд поперечних смуг, розміщених по дві сторони тіла. У деяких особин смуги є і на ногах. Такі тварини чутливі до холоду і болісно реагують на чищення скребком. Носіями ознаки є тільки жіночі особи. Співвідношення статей у приплоді аномальних корів – 2♀♀:1♂ (див. A ₂₁). Описаний у корів голштино-фризької породи.	д зч
A ₂₉	Ахондроплазія ³	Більш легка форма ніж A ₁ та A ₃ з дуже мінливим фенотипом.	р
A ₃₀	Порфірія	Напівлетальна аномалія пов'язана з порушенням синтезу порфірину, що викликає у тварин підвищену світлочутливість, дерматози, виразки, облісіння, порушення відтворювальної функції, коричневе забарвлення зубів, кісток, легенів, печінки, підвищений вміст порфірину в екскрементах. Виявлена у шортгорнів та голштинів.	р
A ₃₁	Дисфункція щитоподібної залози	У телят укорочена голова і укорочена аномальна нижня щелепа, які гинуть протягом 14 днів після народження.	?

A ₃₂	Вроджений іхтіоз	Загальний гіперкератоз (підвищений ступінь ороговіння епідермісу шкіри, потоншення і сухість шкіри), відсутність волосяного покриву, гіпофункція щитоподібної залози. Телята народжуються мертвими або гинуть незабаром. Виявлений у норвезької червоної комолої худоби	р
A ₃₃	Анадонтія (відсутність зубів)	У самців відсутній волосяний покрив і зовсім немає зубів, передня частка гіпофізу недорозвинута. Спостерігається у самців, одержаних від схрещування корів фризької породи з бугаями голштинської і герефордської порід.	? зч
A ₃₄	Подовження терміну вагітності внаслідок аплазії передньої частки гіпофіза	Аплазія передньої частки гіпофіза, вторинні ендокринопатії. Плід виношується 256-500 (в середньому 401) днів. Виявлений у гернсейської худоби.	р
A ₃₅	Контрактури м'язів кінцівок	Контрактури м'язів тільки кінцівок, внаслідок чого вони вивернуті назад. Аномалія подібна до А ₁₇ .	р
A ₃₆	Параліч задніх кінцівок із сліпотою	Параліч задніх кінцівок супроводжується запаленням рогівки та сліпотою, тремором, кривошиєю.	р
A ₃₇	Редукція числа хребців та подовження остистих відростків ("бізоноподібні телята")	Кількість шийних і грудних хребців менша.	р
A ₃₈	Поліцистемія	Напівлетальна аномалія, яка характеризується гіперемією шкіри та слизових оболонок, задишкою, порушенням росту.	р
A ₃₉	Атрезія клубової кишки	Непрохідність клубової кишки, скорочення терміну вагітності.	р
A ₄₀	Пробатоцефалія („бараняча голова")	Баранячий профіль голови, укорочення нижньої щелепи, вивалювання язика, порушення серцевої діяльності, хронічна тимпанія, в результаті яких смертність настає у 32% випадків.	д чи р

		Також характерні сповільнений ріст, зниження продуктивності і відтворювальної здатності. Виявлена у м'ясної породи лімузин (Франція).	
A41	Розщеплення хребта	Насічки на грудних і поперекових хребцях. Телята народжуються мертвими.	р
A42	Викидень	Викидень в середині вагітності.	р
A43	Паракератоз	Порушення обміну цинку у віці 4-6 тижнів, яке зумовлює утворення на шкірі луски і струпів, а також схильність її вторинних інфекцій. Виявлений у чорно-рябої худоби голландського та фризького походження.	р
	Синдром Weavera	Прогресуюче нервово-м'язове захворювання. У телят – слабкість спини, небажання підніматися, розлад координації рухів, у корів – нерегулярні тічки, у бугаїв – атрофія сім'яників, знижена статева активність.	р
	Сірі телята із зобом	У всіх сірих телят збільшена щитоподібна залоза (зоб). Виявлена у породи африкандер, у якої сіра масть зустрічається дуже рідко.	р
	Нейроксильний набряк	Телята народжуються на 9 днів раніше, у яких спостерігаються спазми розгиначів кінцівок, зміни у стегновому суглобі, тріщини країв суглобової впадини, тому вони лежать на боку.	р
	α-Маннозідоз	Порушення обміну речовин у результаті накопичення глікопротеїнових залишків всередині лізосом через низьку активність маннозідози.	р
	Летальна ознака А-46	Враження шкіри, висипка, алопеція, паракератоз навколо рота, очей і нижньої щелепи, знижений клітинний імунітет, підвищена потреба до цинку.	р
	Тібіальна геміmelія	Переважно двохстороння агнезія великогомілкової кістки, враження внутрішніх органів: не злиття Мюллерових проток у самок, крипторхізм у самців, водянка мозкових оболонок, внутрішня водянка мозку.	р
	Розм'якшення кінцівок	Викривлення і видовження суглобів кінцівок, недостатній розвиток м'язів. Телята не здатні вставати на ноги.	р

	Пупкова Грижа	Найпоширеніша у голштинів США і Канади, британо-фризької, голландської, німецької чорно-рябої, шортгорнської худоби.	р
	Дефекти морфологічної будови спермій	Дефекти акросоми, деформації і ексцентричне прикріплення хвостика, деформації середньої частини, утворення петель, дезінтеграція спермій.	р
	Вроджена катаракта	Субвітальна аномалія. У фетальний період спостерігається помутніння рогівки ока, катаракта, атрофія очних нервів та ін., знижена жива маса при народженні та енергія росту при відгодівлі. Виявлений у голштино-фризів і джерсеїв.	р
	Відсутність очних яблук	–	р
	Альбінізм		р
	Синдактилія (однокопитність)	Повне або часткове злиття дистальних частин кінцівок. Часто розвивається лише один палець. Найчастіше вражається права передня кінцівка. Внаслідок зменшення площі опори виникає біль під час руху і стояння. Також спостерігаються дефекти кісток, суглобів, зв'язок, м'язів і нервів, знижена концентрація еритроцитів і цукру у крові. Виявлений у голштинів.	р
	Вивих колінної чашечки	–	р
	Вроджені летальні спазми	У телят періодичні спазматичні рухи голови і шиї у вертикальній площині. Аномалія летальна.	р
	Вроджені судоми	Телята страждають від сильних м'язових спазм, конвульсій, ністагмів і мають розширені зіниці. Аномалія летальна.	р
	Полідактилія (багатопапість)	Розвиваються зайві копитця на одній, деяких або всіх кінцівках. У чорно-рябої породи – трьохпалість на всіх кінцівках, у симентальської – телята з 5-ма і 6-ма ногами (зайві кінцівки рудиментарні і прикріплені до лопаток).	д
	Безхвостість	Відсутність хвоста.	р

	Епілепсія	Опущена голова, жування язика, піна з рота, впадання у коматозний стан.	д
	Заяча губа	Телята мають односторонню заячу губу, і на цій стороні валик ясна відсутній.	?
	Гіпоплазія гонад	Недорозвинення яєчників у самок та сім'яників у самців. У різних порід.	р
	Карликовість (телята-хрипуни)	Телята народжуються пропорційно складеними, але з низькою живою масою. Карликовість поєднується з ускладненим, хриплим диханням. Вони страждають від тимпанії і не живуть більше двох років. Виявлена у герефордської і абердин-ангуської худоби США.	р
	Довгоголові карлики	Пропорції тіла такі ж, як і в телят-хрипунів, але голова подовжується з віком.	р
	Перебирання ногами (телята-топтуни)	У телят кучерявий волосяний покрив, кість на хвості менша.	р
	Хвороба білих телиць	Передня частина піхви і шийка матки відсутні. Виявлена у телиць білої масті у шортгорнів, абердин-ангусів, джерсеїв, айрширів, шведської чорно-рябої ті інших.	з від ст
	Кривохвостість	Зміщення основи хвоста, яка поставлена під кутом до хребетного стовпа	р
	Викривлення хвоста	Зміщення однієї або більше пар сплюснених хребців у кінці хвоста.	р
	Множинний ліпоматоз	Великі нарости із жирової тканини.	д
	Гемофілія (тип А)	Відсутність фактора звертання крові VIII. Виявлена у герефордів.	р зч
	Гемофілія (тип С)	Відсутність фактора звертання крові XI. Виявлена у голштинів	р зч
	Звивистість шерсті	У телят, як у каракульських овець, звивиста шерсть (окрім лицевої частини голови та дистальних частин кінцівок). Виявлена у айрширської худоби.	д
	Сліпота у телят	У порожнині ока є жовта плівка, яка закриває поверхню кришталика, що зумовлює вторинну атрофію зорового нерва і сліпоту. Телята чутливо реагують на сторонні рухи, виконують манежні рухи. Виявлена у червоної горбатівської худоби.	д

	Полімелія (міжратичні потовщення)	Дефект проявляється у вигляді поліпів у передній частині ратичної щілини парно на передніх і задніх або на всіх чотирьох кінцівках. Поверхня їх пороховата, вкрита лускуватим рогом. На поверхні такої міжкопитної щілини виникають поранення, ерозії і некрози, що призводить до болю при ходінні, знижується продуктивність у корів і статева активність у бугаїв.	д
	Дисплазія і гіперплазія суглобів	У телят виявлена дисплазія ліктьових і скакальних суглобів, гіперплазія колінних суглобів, часткове облісіння (алопеція), відсутність губ, брів. Телята не можуть встати. Новонароджені (АА) гинуть при нормальній температурі тіла і добрій вгодованості. Зустрічається серед нащадків голштинських бугаїв (лінії Віс Бек Айдіала) при схрещуванні з коровами чорно-рябої породи.	д
	Дисхондроплазія	Повна нерухомість усіх кінцівок. Довгі кістки на 20% коротші і на 50% менші в діаметрі, тому легко ламаються. Нерухомість кінцівок зумовлює порушення росту кісток, м'язів та зв'язок. Окрім цього у телят спостерігається вузька носова порожнина, що ускладнює дихання.	р
	Мікроцефалія (вкорочення верхньої щелепи)	Вкорочення носової кістки, спрямоване вгору носове дзеркало, випукла форма нижньої щелепи, широкий лоб. Супроводжують будьогоподібність довгі вуха, тулуб, хвіст, короткі ноги. Виявлена у костромської і ярославської порід.	р
	Вроджена гіпогідратація гонад	Аномалія відтворювальної системи самців і самок розповсюджується на генеративну тканину, внаслідок цього, сім'яники і яєчники зовсім не виробляють статевих клітин або виробляють їх у малій кількості. У 25 % спостерігається гіпоплазія лівих гонад, у 1 % – правих (наступає зниження плодючості) та 4-5% тварин мають двохсторонню гіпоплазію, при якій буває повна стерильність.	Р

	Анофтальм	Відсутність очного яблука.	?
	Спастичний парез	Тваринам важко встати, помітна кульгавість однієї або обох задніх ніг, пряма постава задніх ніг, прогнутість тулуба, некоординовані рухи. Спостерігається у німецької чорно-рябої, палево-рябої худоби Угорщини, червоної датської, усіх відрідь чорно-рябої породи СНД.	?
Коні			
B ₁	Атрезія клубової кишки	Відсутність ободової кишки. Лошата народжуються живими, але невдовзі гинуть. Виявлена у потомстві жеребця Суперба першеронської породи, чистокровної верхової породи остфрізького походження.	р
B ₂	Федеріксборгський летальний фактор	Плейотропна дія домінантного летального фактору з рецесивною ранньоембріональною летальністю (WW) Виявлена у фредеріксборгських чалих коней.	д
B ₃	Антимаскулярний летальний фактор	Співвідношення статей приблизно 10♀♀: 9♂♂. При злитті яйцеклітини, яка має цей ген, зі сперматозоїдом, запрограмованим на чоловічу стать (з Y-хромосомою), зиготи відмирають. Це призводить до порушення співвідношення статей (10♂♂:9♀♀), тобто зниженої частоти народження самців.	р зч
B ₄	Недосконалий епітеліогенез шкіри	Дефекти зовнішньої шкіри (див. А ₂ та С ₁₇). Лошата гинуть невдовзі після народження через інфекційне зараження відкритих зон.	р
B ₅	Артрогріпоз грудних кінцівок ("зіпсовані лошата")	Зігнуте положення зап'ясного, плутового і вінцевого суглобів.	д чи р
B ₆	Атаксія лошат (Мозочкова гіпоплазія)	Лошата народжуються живими, на 3-4-ому тижні життя стає помітною атаксія – неузгоджені рухи під час вставання і ходіння. Тварини піднімають голову, а потім падають на спину. Деякі тварини одночасно сліпі і глухі. Після стадії паралічу настає смерть через 5-6 днів. Зареєстрована в ольденбурзької породи.	р

B ₇	Анофтальм	Відсутність очного яблука.	?
B ₈	Абрахія	Аномалія летальна. Відсутність грудних кінцівок.	р
B ₉	Кривошия	Викривлення шиї, пов'язане зі сколіозом черепа. Лошата народжують мертвими.	р
B ₁₀	Пупкова грижа	Клінічним проявом цієї аномалії є незрощення м'язів пупкового кільця, внаслідок чого в ділянці пупа залишається гризовий вихід, через який можуть випадати внутрішні органи. Виявити пупкову грижу можна пальпацією невдовзі після народження, а пізніше – за наявністю шкіряного гризового мішка, розміром від вишні до дитячої голови. Лікування може бути безкровним, так і операційним шляхом.	р
Свині			
C ₁	Мозкова грижа	Як А ₁₈ .	р
C ₂	Параліч тазових кінцівок	Паралізовані тазові кінцівки. Поросята гинуть через декілька днів. Зареєстрований у різних порід.	р
C ₃	Атрезія ануса	Зустрічається у особин обох статей. Однак самці гинуть через 2-3 дні після народження. Самки інколи виживають і дають потомство. У них можливе сполучення прямої кишки з уrogenітальним синусом.	р
C ₄	Розщеплення піднебіння („вовча паща”)	Поросята народжуються живими, але не можуть смоктати	д
C ₅	“Грубоногість”	Первинні порушення розвитку суглобів. Надмірне стовщення шкіри і підшкірної клітковини, хронічний набряк (слоновість) насамперед передніх кінцівок. Поросята народжуються живими, але гинуть через нестачу кровообігу. Вперше виявлений у білої довговухої породи.	р
C ₆	Викривлення та ригідність кінцівок	Контрактура м'язів, викривлення і ригідність (жорсткість) однієї-обох передніх кінцівок або усіх чотирьох. Поросята народжуються мертвими, або гинуть одразу після судорожних посипувань. Виявлений у шведських порід.	р

C ₇	Недорозвинення вушних раковин	Часто поєднується із розщепленням губи і верхнього піднебіння („заяча губа” та „вовча паща”) та спотвореними тазовими кінцівками. Описана у німецьких, угорських свиней, дюррок-джерсейської породи і темворсів.	р
C ₉	Перомелія (відсутність кінцівок)	Поросята народжуються живими, у яких відсутній периферичний скелет кінцівок, проксимальний – рудиментарний. При досягненні живої маси 30-35 кг ліва нога згинається, викривлюється і свині не можуть стати на передні кінцівки. Поросята рухаються на трьох ногах. Виявлений у польсько-китайської породи.	р
C ₁₀	Дивертикулом та ілеїт	Утворення кишені (дивертикулу) у слизовій оболонці клубової кишки, пов'язане з потовщенням кишок. Через 3-4 місяця дивертикули лопаються, що зумовлює перитоніт і смерть.	?
C ₁₁	Порфірія	Див. А ₃₀ та D ₈ .	д
C ₁₂	Мікседема	Поросята народжуються мертвими, у яких зобоподібна припухлість шиї (товста шия), загальний набряк, особливо на потилиці (“сальні поросята”), укорочення кінцівок. За деякими даними, у 50-70% випадків мертвонародженість поросят пов'язана з мікседемою.	р
C ₁₃	Товстоногість	Набрякла припухлість грудних, іноді тазових кінцівок. Пневмонія і гіперкератоз на животі та боках	р
C ₁₄	Жовтуха новонароджених	Імуногенетична несумісність еритроцитів матері і новонародженого, що зумовлює гемоліз його еритроцитів. Поросята виглядають здоровими, але після прийняття материнського молока вже через 6 годин у них проявляється легка жовтяниця видимих слизових оболонок і шкіри. На другий день поросята стають в'ялими, ледве рухаються, намагаються ссати свиноматку. Важка форма закінчується смертю.	д
C ₁₅	Гемофілія	Подовження часу згортання крові та крововиливи. Хвороба прогресує з віком.	р

C ₁₆	Пулавський летальний фактор	Черепно-лицеві дисплазії, вкорочення хребта (перокормія) та недорозвинені легені.	р
C ₁₇	Недосконалий епітеліогенез шкіри	У новонароджених поросят спостерігаються дефекти шкіри переважно на голові, спині, боках і кінцівках. Ділянки з відсутністю шарів епідермісу різко обмежені від нормальної шкіри. При доторканні вони кровоточать і з'являються запалення. Поросята переважно гинуть (аномалія напівлетальна) через кілька днів після народження. Зареєстрований у німецьких білих свиней та їх гібридів з беркширською і темворською породами.	р
C ₁₈	Агенезія м'яза сфінктера заднього проходу	Інвагінація та випадання прямої кишки, копростаз та автоінтоксикація через відсутність м'язів сфінктера прямої кишки.	?
	Пупкова грижа	Клінічним проявом цієї аномалії є незрощення м'язів пупкового кільця, внаслідок чого в ділянці пупа залишається гризовий вихід, через який можуть випадати внутрішні органи. Зустрічається як у самців так і в самок, але у самок частіше. Лікування може бути безкровним, так і операційним шляхом. Зустрічається в 1% приплоду.	р
	Артрогрипоз (м'язова контрактура)	Виділяють артрогрипоз передніх, задніх і всіх кінцівок. При цьому спостерігаються анкілози суглобів, флексура м'язів і зв'язок. Кінцівки зігнуті, суглоби жорсткі, нерухомі.	?
	Кратерність сосків	Верхівки сосків ввігнуті, що ускладнює виділення молока через протоки і сфінктер під час годівлі поросят (молоко не витікає і поросята залишаються голодними).	Р
	Гідрофтальмія (вроджена водянка ока)	Водянка очного яблука, воно збільшене у розмірах і виглядає вилупленим. Внаслідок його запалення виникає вторинна глаукома. Дефектні кнурі одночасно бувають двосторонніми крипторхами. Генетично зумовлений гідрофтальм частіше всього буває двохстороннім, у той час, як набутий – одностороннім.	Р

	Анофтальм	Відсутність очних яблук.	р
	Атаксія (мозочкова гіпоплазія, безпорадність)	Відсутність м'язової координації, неузгодженість рухів під час вставання і ходіння. Тварини при цьому піднімають голову, але потім падають на спину. При збудженні спостерігаються епілептичні синдроми. Деякі тварини одночасно сліпі та глухі.	р
	Гіпотрихоз		?
	Акротеріоз (природжена відсутність кінцівок)		?
	Вроджене вивертання кінцівок	Нездатність поросят стояти і рухатись. Внаслідок м'язової слабкості кінцівки висунуті вперед або розставлені у сторони під кутом 45-90 °С по відношенню до тіла. На 14-18 день прояв дефекту зменшується і поросята встають на ноги. Серед самців частота аномалії у 2 рази більша.	д зч
Вівці			
D ₁	М'язова контрактура	Ягнята народжуються із зігнутими кінцівками, нерухомими у суглобах. Ягнята дуже важкі, 239Атки іноді гинуть, а новонароджені непридатні для використання.	р
D ₂	Недорозвиток вушної раковини і „вовча паша”	Ягнята народжуються живими, одночасно має місце мікрогнатія.	?
D ₃	Параліч тазових кінцівок	Смерть у віці декілька днів.	р
D ₄	Дефекти скелета і волосяного покриву	Деформація скелету в поєднанні з короткою шерстю та грижами.	р
D ₅	Адактилія (ектродактилія)	Часткова або повна відсутність фаланг.	р
D ₆	Летальне сіре забарвлення	Гомозиготні (АА) за фактором сірого забарвлення каракульські ягнята гинуть після відлучення від маток на 4-9 місяці життя від хронічної тимпанії. Тварини не здатні перетравлювати грубі корми через аномалію органів травлення, пов'язану із враженням парасимпатичної нервової системи.	д з рлд

		Виявлений у овець смушкових порід (каракульська, сокільська та ін.).	
D7	Карликовість	Порушення функції щитоподібної залози в наслідок недостатчі колоїду у фолікулах. Загибель через місяць після народження.	р
D8	Порфірія (світлочутливість)	Хвороба проявляється у віці 5-7 тижнів, коли ягнята починають споживати зелений корм. Ступінь захворювання залежить від інтенсивності сонячного світла. Якщо тварин утримують поза приміщенням, то на лицевій частині голови і на вухах розвивається екзема. Через 2-3 тижні після появи перших симптомів настає смерть. Якщо таких тварин випускати на пасовище лише вночі, вони живуть нормально. Хвороба зумовлена тим, що печінка не здатна виділяти філоеритрин – продукт розпаду хлорофілу. Див. А30 та С11. Виявлений у саутданівських овець Нової Зеландії.	р
D9	Летальна м'язова дистрофія	Виникає уже на ранніх стадіях ембріонального розвитку. Ягнята народжуються живими, але гинуть незабаром після народження.	р
D10	Синдром агнатії	Відсутність нижньої щелепи та непрхідність ставоходу.	р
D11	Мозочкова атаксія	Ягнята народжуються живими, але не можуть рухатися (див. А25 і В6).	можли во р
D12	Атаксія	Відсутність м'язової координації, деякі тварини одночасно сліпі і глухі.	?
D13	Атрезія ануса	Непрхідність ануса. Ягнята народжуються живими (див. А16 та С3).	р
D14	Вроджена водянка	Накопичення рідини у підшкірній сполучній тканині, грудній і черевній порожнині. Внаслідок сильного збільшення об'єму плоду часто виникають розриви матки.	можли во д
D15	Перомелія	Відсутність дистальних відділів кінцівок.	?
	Дефект нервової трубки	Замикання пластин дуги одного чи більше хребців.	р
	Карликовість	Порушення функції щитоподібної залози. Загибель через місяць після народження.	р

	Крипторхізм	При цій аномалії не відбувається опущення сім'яників через паховий канал у мошонку, що призводить до безпліддя самців. На прояв цієї патології впливають і фактори середовища. Поширений у комолих мериносних баранів з частотою до 35 %.	р
Кури			
E ₁	Коротконіжки	У гетерозигот вкорочені кінцівки, гомозиготи гинуть на 4-й день інкубації.	д з рлд
E ₂	Атаксія курчат	Курчата не можуть стояти. Кривошия.	р
E ₃	Нездатність до вилуплення	Ембріони гинуть в останній тиждень інкубації через відсутність здатності до абсорбції амніотичної та алантоїсної рідини. Через відсутність кальцію кінцівки м'які.	р
E ₄	Летальний фактор віандотів	Пов'язаний з рецесивним білим забарвленням віандотів.	р
E ₅	Вроджене тремтіння	Курчата, які вилуплюються, тремтять, проте в окремих випадках можуть вижити.	д
E ₆	Летальний фактор корнуельської породи	Коротконогість, нездатність до вилуплення у гомозигот.	д
E ₇	Антифемінічний летальний фактор ₁	Недостача курочок.	р зч
E ₈	Вкорочення верхньої половини дзьоба	Верхня щелепа відсутня або вкорочена. Дзьоб зігнутий в одну сторону. Більшість курчат не можуть вилуплюватись.	р
E ₉	Нездатність до літання	Дефект махового пір'я. Лише в окремих випадках досягається статева зрілість.	р
E ₁₀	Каліцтво скелета	Викривлення хребта і таза. Курчата не можуть рухатися.	р
E ₁₁	Безперість	Недорозвинення оперення, пов'язане з тим що пір'я не може пробитися із фолікулів. Половина безперих курочок вилуплюються, але тільки половина із них виживають (див. E ₂₉).	? зч
E ₁₂	Вкорочення дзьоба	Верхня і нижня половини дзьоба, а іноді кінцівки вкорочені. Майже 90% гомозигот гинуть під час вилуплювання	р

E ₁₃	Мікрофтальм	Діаметр очного яблука редукований, гребінь часто потовщений. Загибель зразу після вилуплення або невдовзі.	р
E ₁₄	Мікромелія (Наномела)	У ембріонів “дзьоб папуги”, вкорочені, потовщені і деформовані кінцівки, голова і серце збільшені. Гинуть на 18-21 добу інкубації.	р
E ₁₅	Полідактилія	Подвоєння пальців, іноді вкорочення хребта і трубчастих кісток. Гомозиготи гинуть на 8-10 день інкубації, особини, які вилупилися, живуть не більше двох тижнів.	р
E ₁₆	Хондродистрофія (екстремальний тип)	Недорозвинення кісток і внутрішніх органів, “дзьоб папуги” (див. E ₁₉).	р
E ₁₇	Деформації щелеп	Нижня щелепа відсутня, верхня щелепа деформована, мозкові грижі, курчата не можуть вилупитись.	р
E ₁₈	Безкрилість	Відсутність крил, частково легень, повітряних мішків та нирок, аномалії пальців.	р
E ₁₉	Хондродистрофія (менш різко виражена)	Кінцівки вкорочені, „дзьоб папуги” відсутній (див. E ₁₆).	р
E ₂₀	Карликовість	Нормальний розвиток до 12-го дня інкубації. Кривошия (див. E ₂₁).	р
E ₂₁	Виродливий розвиток	Аналогічно E ₂₀ , але не так різко виражено	р
E ₂₂	Антифемінічний летальний фактор ₂	Раптова загибель на 23-123-й день. Вражаються тільки курочки.	р зч
E ₂₃	Тремтіння, або вібрування	Закидання голови та струшування. Кривошия, напівлетальність (див. E ₂₆).	р
E ₂₄	Летальне чорне забарвлення	Вражаються гібридні курочки плімутрок х червоний род-айленд. Чорні курчата не мають пуху в ділянці крижа.	р зч
E ₂₅	Кривошия	Карликовість, вкорочена верхня частина дзьоба, перекручені ноги, кривошия.	р
E ₂₆	Трясіння	Напівлетальність. Вібруючі рухи виражені не так різко, як у фенотипу E ₂₃ . Початок у віці 2-5 місяців.	р зч
E ₂₇	Дактиліоз	Внаслідок склеродерми курчата втрачають дистальні фаланги пальців і гинуть від некрозу.	р

E28	Тіреогенна карликовість	“Дзьоб папуги”, вкорочення кінцівок, пальці вигнуті назовні.	?
E29	Голість	Недорозвинення оперення різного ступеня. Близько 60% гинуть протягом 14 днів життя, тільки 25% живуть більше 5місяців (див.Е11).	д
E30	Диплоподія ₁	Уповільнене утворення хрящів та кісток. Подвоєння пащі, плюсни та пальців, викривлення трубчастих кісток.	р
E31	Атрезія яйцепроводу	Атрезія шийки матки.	д
E32	Дональд Дук	Верхня половина дзьоба загнута доверху, нижня редукована, зігнута донизу.	р
E33	Викривлення ший на нервовому ґрунті	Нервові посмикування ший при переляку. Загибель у віці 2-3 місяців.	?
E34	Диплоподія ₂	Поряд з полідактилією вкорочення щелеп. Загибель через тиждень після вилуплення (див. Е30).	р
E35	Волокнистий пух	Пір'я склеюється і звалюється. Курчати живуть не більше 14 днів.	Можливо р зч
E36	Вкорочення нижньої частини дзьоба	Нижня частина дзьоба редукована приблизно наполовину. Виводиться близько 50% курчат.	р
E37	Сонливість	В'ялість і сонливість, задишка і титанічні судоми, виключно у курочок.	р зч
E38	Розщеплення плесна	Відсутність великого пальця, другий палець роздвоєний.	р
E39	Пароксизм	Пригнічений ріст, титанія, дрижання, загибель гемі зигот курочок на 14-15-й житні життя.	р зч
E40	Наномелія	Сильна гіпоплазія кінцівок, брахіцефалія, „дзьоб папуги”, загибель до кінця інкубації.	р
E41	Ектродактилія	Редукований і задертий дзьоб, дефекти кінцівок, загибель на 17-20-й день інкубації.	р
E42	Аметаподія	Редукція метаподію всіх чотирьох кінцівок.	д
E43	Пренатальна смертність	Загибель під час інкубації.	р зч
E44	Безкрилість	Від легкого ступеня вкорочення крил до повної їх відсутності.	р зч
E45	Сонливість очей	Порушення функції нижньої повіки.	р

	Перекручення цівки		?
	Ахондроплазія	Гомозиготні ембріони переважно гинуть на 3-4-й день інкубації, гетерозиготні – мають короткі ноги. Карликові породи курей – шотландські коротишки і японські бентамки.	нд
	Кучерявість оперення		?
	Шовковистість оперення	Особини мають білосніжно-біле, шовковисте пір'я, обумовлене відсутністю крючечків, чубчик, трійчастий гребінь, чорний колір шкіри, оперені плесна і полідактилію.	?
	Безхвостість	Відсутній хвіст.	?
Індики			
F ₁	Альбінізм очей	Виводиться лише 20% вражених самок, які живуть не довго, тому що альбінізм супроводжується сліпотою і птахи не здатні їсти.	р зч
F ₂	Перокормія	Вкорочення шиї і тулуба у ембріонів, які не вилуплюються.	р
F ₃	Мікромелія	Потовщення і вкорочення кінцівок. 30% виводяться і залишаються живими (див. H ₂).	р
F ₄	Блідо-бронзове забарвлення	Блідо-бронзові особини малі і слабкі. Летальність 50%.	р
F ₅	Дрижання	Атактичне явище, раптове падіння.	р
F ₆	Порушення розвитку	Булавоподібне розширення кінців пухового пір'я.	р
	Безперість		р
Качки			
G ₁	Чубчик	Гетерозиготні особини мають чубчик, гомозиготи – мозкову грижу.	нд
G ₂	Дрижання	Фібрилярне посмикування всього тулуба.	р
G ₃	Мікромелія	Карликовість, сповільнення росту оперення.	р

Позначення: р – аутосомно-рецесивний; д – аутосомно-домінантний; зчр – зчеплений зі статтю рецесивний; рл – рецесивний летальний; нд – неповне домінування.

РОЗДІЛ 3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНИХ РОБІТ

САМОСТІЙНА РОБОТА № 1. ПРЕДМЕТ ГЕНЕТИКИ, ЦИТОЛОГІЧНІ І МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ

Виконати задачі за вказаним варіантом:

1) Зазначити нуклеотиди у комплементарному ланцюзі ДНК через водневі зв'язки.

2) Визначити відповідні нуклеотиди в і-РНК та амінокислоти, які кодуються ними.

3) Підрахувати окремо кількість 4-х видів азотистих основ подвійного ланцюга ДНК. Чому дорівнює відношення комплементарних основ $\frac{T}{A}$ і $\frac{Ц}{Г}$ в молекулі?

4) Визначити антикодони в т-РНК.

5) В результаті генної мутації відбулася зміна 5-го нуклеотиду на протилежний комплементарний. Як зміниться структура поліпептидного ланцюга?

6) В результаті генної мутації відбулося випадання 5-го і 7-го нуклеотидів. Як зміниться структура поліпептидного ланцюга?

7) В результаті генної мутації відбулася вставка нуклеотиду А між 2-м і 3-м нуклеотидом матричного ланцюга та Ц між 7-м і 8-м. Як зміниться структура поліпептидного ланцюга?

8) Скільки кодонів кодують біосинтез 10 амінокислот: фенілаланін, серин, лейцин, пролін, метіонін, глутамін, тирозин, цистеїн, гліцин, аргінін.

Варіанти для виконання самостійних задач (нуклеотиди матричного ланцюга ДНК).

1. ААА АГА АТА АЦА ГГА	31. ТТА ТГА ЦГА ТАА ТГА
2. АГА АТА АЦА ГГА ААА	32. ТЦА ЦГА ТАА ТГА ТТА
3. АТА АЦА ГГА ААА АГА	33. ТАГ ТГГ ТГГ ТГА АТА
4. АЦА ГГА ААА АГА АТА	34. ТГГ ТГГ ТГА АТА ТАГ
5. ААГ АГГ АТГ АЦГ ТТА	35. ТГГ ТЦА АТА ТАГ ТГГ
6. АГГ АТГ АЦГ ТТА ААГ	36. ТЦА АТА ТАГ ТГГ ТГГ
7. АТГ АЦГ ТТА ААГ АГГ	37. ТАТ ТГТ ТТТ ТЦТ ТЦА
8. АЦГ ТТА ААГ АГГ АТГ	38. ТГТ ТТТ ТЦТ ГЦА ТАТ
9. ААТ АГТ АТТ АЦТ ЦЦА	39. ТТТ ТЦТ ГЦА ТАТ ТГТ
10. АГТ АТТ АЦТ ЦЦА ААТ	40. ТЦТ ГЦА ТАТ ТГТ ТТТ
11. АТТ АЦТ ЦЦА ААТ АГТ	41. ТАЦ ТГЦ ТТЦ ТЦЦ ТЦА
12. АЦТ ЦЦА ААТ АГТ АТТ	42. ТГЦ ТТЦ ТЦЦ ТЦА ТАЦ
13. ААЦ ГГЦ АТЦ АЦЦ ААА	43. ТТЦ ТЦЦ ТЦА ТАЦ ТГЦ
14. ГГЦ АТЦ АЦЦ ААА ААЦ	44. ТЦЦ ТЦА ТАЦ ТГЦ ТТЦ
15. АТЦ АЦЦ ААА ААЦ АГЦ	45. ЦАА ЦГА ЦТА ЦЦА АГА
16. АЦЦ ААА ААЦ ГГЦ АТЦ	46. ЦГА ЦТА ЦЦА АГА ЦАА
17. ГАА ГГА ГТА ГЦА ТГА	47. ЦТА ЦЦА АГА ЦАА ЦГА
18. ГГА ГТА ГЦА ТГА ГАА	48. ЦЦА АГА ЦАА ЦГА ЦТА
19. ГТА ГЦА ТГА ГАА ГГА	49. ЦАГ ЦГГ ЦТГ ЦЦГ ГТА
20. ГЦА ТГА ГАА ГГА ГТА	50. ЦГГ ЦТГ ЦЦГ ГТА ЦАГ
21. ГАГ ГГГ ГТГ АЦА ТТА	51. ЦТГ ЦЦГ ГТА ЦАГ ЦГГ
22. ГГГ ГТГ АЦА ТТА ГАГ	52. ЦЦГ ГТА ЦАГ ЦГГ ЦТГ
23. ГТГ АЦА ТТА ГАГ ГГГ	53. ЦАТ ЦГТ ЦТТ ЦЦТ ТЦА
24. АГА ТТА ГАГ ГГГ ГТГ	54. ЦГТ ЦТТ ЦЦТ ТЦА ЦАТ
25. ГАТ ГГТ ГТТ АЦТ ЦТА	55. ЦГТ ЦЦТ ТЦА ЦАТ ЦГТ
26. ГГТ ГТТ АЦТ ЦТА ГАТ	56. ЦЦТ ТЦА ЦАТ ЦГТ ЦТТ
27. ГТТ АЦТ ЦТА ГАТ ГГТ	57. ЦАЦ ЦАЦ ЦТЦ ЦЦЦ ТЦГ
28. ГЦЦ ТЦА ГАЦ ТАЦ ГТЦ	58. ЦАЦ ЦТЦ ЦЦЦ ТЦГ ЦАЦ
29. ТАА ТГА ТТА ТЦА ЦГА	59. ЦЦЦ ЦТЦ ЦЦЦ ТЦГ ЦАЦ
30. ТГА ТТА ТЦА УГА ТАА	60. ЦЦЦ ТЦГ ЦАЦ ЦАЦ ЦТЦ

САМОСТІЙНА РОБОТА № 2. ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕДАЧІ СПАДКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Виконати задачі за вказаним варіантом:

Варіанти (номери задач):

<i>1</i>	1, 31	<i>11</i>	11, 41	<i>21</i>	21, 51
<i>2</i>	2, 32	<i>12</i>	12, 42	<i>22</i>	22, 52
<i>3</i>	3, 33	<i>13</i>	13, 43	<i>23</i>	23, 53
<i>4</i>	4, 34	<i>14</i>	14, 44	<i>24</i>	24, 54
<i>5</i>	5, 35	<i>15</i>	15, 45	<i>25</i>	25, 55
<i>6</i>	6, 36	<i>16</i>	16, 46	<i>26</i>	26, 56
<i>7</i>	7, 37	<i>17</i>	17, 47	<i>27</i>	27, 57
<i>8</i>	8, 38	<i>18</i>	18, 48	<i>28</i>	28, 58
<i>9</i>	9, 39	<i>19</i>	19, 49	<i>29</i>	29, 59
<i>10</i>	10, 40	<i>20</i>	20, 50	<i>30</i>	30, 60

1. При спаровуванні бугая Дерксена червоної степової породи, що має завитки на шиї, з некурчавими (нормальними) коровами тієї ж породи одержано 33 курчавих і 34 некурчавих телят. Як успадковується курчавість? Визначити генотип бугая Дерксена. Чи можна “створити” лінію курчавої худоби червоної породи, яка б не розщеплялась?

2. Бугай Амур в результаті спаровування зі своїми дочками дав 55 телят (бугай і дочки мали нормально розвинутий хребет), з яких 11 мали сильно укорочений хребет. Всі телята з цим дефектом загинули. Як успадковується цей дефект ?

3. При схрещуванні норок темної (A_1A_1) і світлої (A_2A_2) масті потомство має світле забарвлення з темним хрестом на спині (кохінурові норки). Який генотип кохінурових норок? Яке буде потомство від схрещування кохінурових норок між собою?

4. У коней є спадкова хвороба гортані, виражена характерним хрипом під час бігу. Від хворих батьків іноді народжуються здорові лоша́та. Домінантна чи рецесивна ця хвороба? Скласти схему її успадкування.

5. У коней існує масть паломіно – золотисто-жовтий тулуб, світла грива і хвіст. Ця масть з'являється при спарюванні альбіносів (aa) з особинами гнідої масті (AA). Паломіно при розведенні “в собі” дає потомство у співвідношенні: 1 альбінос : 2 паломіно : 1 гніда. Скласти схему схрещування і визначити форму успадкування масті.

6. При розведенні “в собі” горностаєвих курей в потомстві із 40 курчат одержано 20 горностаєвих, 10 чорних і 10 білих (aa). Як успадковується горностаєвий колір оперення у курей? Скласти схему схрещування.

7. Крипторхізм у коней визначається дією рецесивного гену. Визначити ймовірність народження хворих лошат при схрещуванні гетерозиготного за цим геном жеребця і гомозиготної кобили, від якої при попередніх схрещуваннях з іншими жеребцями не одержано крипторхів лошат.

8. У свиней біла щетина домінує над чорною. Встановити генотипи батьків, якщо при спарюванні чорної свині з білим кнуром одержано 12 білих поросят. Скласти схему схрещування.

9. При спарюванні гомозиготних коричневих норок із сірими завжди в першому поколінні одержують тварин із сірою мастю. При спарюванні тварин покоління F_1 між собою одержали 15 тварин з коричневою мастю і 47 – з сірою. Скласти схему успадкування масті в F_1 і F_2 .

10. У кроликів нормальна шерсть домінує над короткою. Від кролиці з короткою шерстю народилось 7 кроленят – 4 з короткою і 3 з нормальною шерстю. Визначити генотип і фенотип батька, написати схему схрещування.

11. У овець чорна масть домінує над білою. Від схрещування чорних батьків народилось біле ягня. Визначити генотипи батьків, скласти схему схрещування.

12. При спарюванні гомозиготних рябих кроликів із суцільно забарвленими завжди в першому поколінні одержують рябих кролів. При

спаровуванні тварин покоління F_1 між собою одержали 23 рябих кролів і 8 – суцільно забарвлених. Скласти схему успадкування масті в F_1 і F_2 .

13. При схрещуванні між собою чубатих качок (чубчик на голові) каченята виводяться тільки з $3/4$ яєць, а $1/4$ ембріонів гине перед вилупленням. Серед каченят, що вилупилися, близько $2/3$ мають чубчик, а $1/3$ без чубчика. Як успадковується ознака наявності чубчика у качок? Скласти схему схрещування.

14. На фермі усі качки і селезні мають чубчик на голові. Ген чубатості в гомозиготному стані має летальну дію – ембріони гинуть перед вилупленням з яйця. В інкубатор було закладено 2400 яєць, отриманих на цій фермі. Скласти схему схрещування і визначити, якими можуть бути генетично обумовлені втрати. Скільки з отриманих каченят будуть мати чубчик? Яку схему схрещування можна запропонувати, щоб уникнути відходу?

15. Індичата з вродженим дефектом – закиданням голови, обумовленим геном l , виклюваються нормально, але не можуть ні пити, ні їсти і гинуть протягом декількох днів. При розведенні індиків, гетерозиготних за рецесивним геном l , одержано 788 індичат. Скільки з них загине? Скласти схему схрещування.

16. У собак плямиста масть домінує над суцільною коричневою і чорною, при цьому у гомозиготному стані маючи летальну дію (обумовлює загибель в ембріональному віці). Від схрещування плямистих собак одержано 12 цуценят. Скільки з них будуть мати плямисту масть? Скільки загинуло? Скласти схему схрещування.

17. Гомозиготна руда двоपालа свиноматка від схрещування з чорним однопалим кнуром дала потомство виключно чорних однопалих поросят. Зворотнє схрещування F_1 з рудими двопалими кнурами дало 10 чорних однопалих, 9 рудих однопалих, 11 чорних двопалих і 10 рудих двопалих поросят. Визначити генотипи кнура і маток. Скласти схему схрещування.

18. Потомство F_1 , одержане в результаті спарювання гомозиготних сірих жеребців з каштанами на ногах і гомозиготних вороних кобил без каштанів, має сіру масть без каштанів на ногах. Визначити фенотип

потомства, одержаного при спарюванні жеребця F_1 з вороними кобилами з каштанами.

19. У курей ген оперених ніг (F) домінує над голими (f), а ген горохоподібного гребеня (P) – над простим (p). Голонога курка з горохоподібним гребенем, схрещена з півнем з опереними ногами і горохоподібним гребенем, дає потомство тільки з опереними ногами, а серед більшості потомків з горохоподібним гребенем зустрічається деяка кількість особин з простими гребенями. Визначити генотипи батьків і потомства. Скласти схему схрещування.

20. У курей ген оперених ніг (F) домінує над голими (f), а ген горохоподібного гребеня (P) – над простим (p). При схрещуванні курки з опереними ногами і горохоподібним гребенем з голоногим півнем з простим гребенем одержали 50% нащадків з опереними ногами і горохоподібним гребенем і 50% з опереними ногами і простим гребенем. Скласти схему схрещування.

21. Кури, що мають білосніжний пух (ss) і горохоподібний гребінь (PP), схрещені з півнями з кремовим пухом (SS) і простим гребенем (pp). Визначити фенотипи потомства в F_1 і F_2 .

22. У курей ген чорного оперення (E) домінує над бурым оперенням (e), наявність чубчика на голові (C) – над його відсутністю (c). Чорна курка без чубчика схрещена з бурым чубатим півнем. Половина потомства виявилась чорним чубатим, половина – бурым чубатим. Визначити генотипи батьків.

23. У курей ген чорного оперення (E) домінує над бурым оперенням (e), наявність чубчика на голові (C) – над його відсутністю (c). Від чорних чубатих курей і півнів одержане потомство з таким співвідношенням фенотипів: 7 чорних чубатих, 3 бурих чубатих, 2 чорних без чубчика, 1 бурий без чубчика. Визначити генотипи батьків і потомства.

24. У морських свинок кудлата шерсть та чорне забарвлення – це домінантні ознаки, гладенька шерсть та біле забарвлення – рецесивні. Внаслідок схрещування кудлатої чорної свинки з гладкошерстою білою

отримано 30 гладкошерстих чорних і 30 кудлатих чорних нащадків. Визначити генотипи батьків, написати схему схрещування.

25. У свиней чорна масть (В) домінує над рудою (b), прямий профіль голови (К) – над зігнутим (k). Від чорного з прямою головою кнур і такої ж свиноматки за два опороси одержано 20 поросят, в тому числі 7 чорних прямоголових, 4 чорних з зігнутим профілем, 6 рудих прямоголових, 3 рудих з зігнутим профілем. Визначити генотипи батьків і потомків, скласти схему схрещування.

26. У свиней біла щетина (В) домінує над чорною (b), наявність сережок (С) – над їх відсутністю. Визначити генотип білого кнура з сережками, якщо від спарювання його з чорними без сережок свиноматками одержано 50% білих поросят з сережками і 50% чорних поросят з сережками.

27. У собак чорна шерсть (В) домінує над коричневою (b), а висяче вухо (Н) – над стоячим (h). Гомозиготна чорна самка з висячими вухами спарена з коричневим самцем зі стоячими вухами. Визначити фенотип потомства в F_1 , F_2 .

28. У собак чорна шерсть (В) домінує над коричневою (b), а висяче вухо (Н) - над стоячим (h). При схрещуванні чорної самки з висячими вухами з коричневим самцем зі стоячими вухами одержано 50% цуценят чорних із висячими вухами і 50% чорних із стоячими. Скласти схему схрещування.

29. При спарюванні дигетерозиготних овець і баранів каракульської породи з генотипами DdOo в потомстві одержано 1040 ягнят димчастої масті, камбар і арабі. Димчаста масть можлива при взаємодії генів чорного забарвлення і його послаблювача D і O, арабі – при взаємодії D і o, а при відсутності гена D розвивається масть камбар. Визначити, скільки було в потомстві ягнят арабі, камбар і димчастих.

30. При спарюванні самок срібно-голубих (AApp) з самцями алеутськими (aaPP) в потомстві одержують стандартних норок. При спарюванні між собою стандартних норок в F_2 очікується одержати

алеутських (aaP-), срібно-голубих (A-pp), сапфірових (aarr), стандартних (A-P-). Яке співвідношення норок різного забарвлення?

31. При схрещуванні деяких порід тутового шовкопряда з білими коконами між собою в F₁ бувають тільки особини з жовтими коконами. В F₂ відбувається розщеплення на білі і жовті коconi у співвідношенні 7 : 9. Чим пояснити таке успадкування?

32. Собаки породи кокер-спаніель при генотипі A-B- мають чорну масть, при генотипі A-bb – руду, при генотипі aaB- – коричневу, а при генотипі aabb – світло-жовту. Чорна кокер-спаніель спарена з світло-жовтим самцем, і від цього схрещування народилось світло-жовте цуценя. Якого співвідношення цуценят за мастю слід чекати від спарювання тієї ж чорної особини з самцем однакового з нею генотипу?

33. При схрещуванні собаки коричневої масті (bbii) з білим самцем (BBII) в F₁ всі цуценята білі. В F₂ відбулось розщеплення на 9 білих, 3 чорних і 4 коричневої масті. Пояснити цей випадок успадкування масті у собак, скласти схему схрещування.

34. У курей в результаті взаємодії гену трояндоподібного гребеня (R) з геном горохоподібного гребеня (P) у потомства утворюється гребінь горіхоподібної форми. Рецесивні алелі обумовлюють простий гребінь. Двох півнів з горіхоподібними гребенями схрестили з курами з простими гребенями. В одному випадку все потомство мало горіхоподібні гребені, в другому – у одного потомка був простий гребінь. Визначити генотипи батьків і потомків.

35. У курей в результаті взаємодії гену трояндоподібного гребеня (R) з геном горохоподібного гребеня (P) у потомства утворюється гребінь горіхоподібної форми. Рецесивні алелі обумовлюють простий гребінь. При схрещуванні курей з горіхоподібними гребенями з півнями, що мають простий гребінь, 50% потомків мали горіхоподібний гребінь і 50% – трояндоподібний. Визначити генотипи батьків, скласти схему схрещування.

36. У курей в результаті взаємодії гену трояндоподібного гребеня (R) з геном горохоподібного гребеня (P) у потомства утворюється гребінь

горіхоподібної форми. Рецесивні алелі обумовлюють простий гребінь. При схрещуванні курей з трояндоподібними гребенями з півнями з горохоподібними гребенями одержано 38 потомків з горіхоподібними гребенями, 13 – з трояндоподібними, 11 – з горохоподібними і 2 – з простими. Визначити генотипи, скласти схему схрещування.

37. При схрещуванні гомозиготної чорно-рябої худоби з генотипом SSgg з гомозиготною червоною худобою ssGG в F_1 все потомство чорне. Скільки чорно-рябих і червоних особин отримаємо в F_2 ?

38. При схрещуванні мух-дрозофіл з коричневими і яскраво-червоними очима все потомство має червоні очі (дикий тип). В F_2 спостерігається розщеплення : 9 червонооких мух, 3 з яскраво-червоними очима, 3 з коричневими очима і 1 білоока. Визначити генотипи батьків і нащадків, скласти схему схрещування.

39. У папуг алель А визначає жовтий колір пір'я, В – блакитний, при взаємодії генів А і В колір зелений, особини з генотипом aabb білі. Схрещені гетерозиготні особини з жовтим і блакитним пір'ям. Визначити генотипи, написати схему схрещування.

40. Коричнєве забарвлення хутра у норок зумовлене взаємодією генів А і В. За відсутності обох домінантних генів чи одного із них норка має платинове забарвлення. Яке потомство буде в F_1 і F_2 при схрещуванні гомозиготних платинових самок з гомозиготними коричневими самцями?

41. Схрещено дві породи кролів: з короткою хвилястою шерстю та з довгою прямою. За аналізуючого схрещування отримано потомство: з довгою прямою шерстю – 99 особин, із короткою хвилястою – 101, із довгою хвилястою – 24, з короткою прямою – 26. Необхідно встановити частоту кросинговеру.

42. У пацюків темне забарвлення шерсті домінує над світлим, рожевий колір очей – над червоним. Гени, які відповідають за ці ознаки, успадковуються зчеплено. Від схрещування рожевооких темношерстих пацюків із червоноокими світлошерстими отримано потомство: темношерстих рожевооких – 73 особини, світлошерстих рожевооких – 24,

темношерстих червонооких – 26, світлошерстих червонооких – 77. Визначити частоту кросинговеру.

43. У кролів плямистість домінує над суцільним забарвленням, а нормальна шерсть домінує над ангорською. Схрещено плямистого нормальношерстого кроля з суцільно забарвленою ангорською кролицею. Гібридів першого покоління знову схрестили з суцільними ангорськими кролями. Було одержано потомство: 26 плямистих ангорських кроленят, 144 суцільних ангорських, 157 плямистих з нормальною шерстю і 23 суцільних нормально шерстих. Визначити частоту кросинговеру.

44. Схрещено дві лінії мишей: у одній лінії тварини мають хвилясту шерсть нормальної довжини, у другій лінії – пряму й довгу. Гібриди першого покоління мають пряму і нормальну шерсть. За аналізуемого схрещування цих гібридів одержано таке розщеплення: 27 мишенят мали шерсть нормальну пряму, 99 – нормальну хвилясту, 98 – довгу пряму, 24 – довгу хвилясту. Встановити як успадковуються дві пари ознак?

45. У дрозофіли чорне тіло й короткі крила рецесивні ознаки, довгі крила й сіре тіло – домінантні. При схрещуванні дигетерозиготної самки з самцем, який має рецесивні ознаки, одержано: 42% мух з сірим тілом і довгими крилами, 41% - з чорним тілом і короткими крилами, 8% - з чорним тілом і довгими крилами, 9% - з сірим тілом і короткими крилами. Зчеплені ці гени чи ні? Скласти схему схрещування.

46. У дрозофіли гени сірого тіла і червоних очей домінують над генами чорного тіла і пурпурних очей. Від схрещування гетерозиготної самки з сірим тілом і червоними очима з чорнотілим самцем з пурпурними очима одержано: 25% мух з сірим тілом і червоними очима, 25% з сірим тілом і пурпурними очима, 25% з чорним тілом і червоними очима, 25% з чорним тілом і пурпурними очима. Визначити, зчеплені ці гени чи ні. Скласти схему схрещування.

47. У курей ген S визначає сріблясту пігментацію пера, ген D – нормальні розміри тіла. Ген s визначає золотисте забарвлення, d – карликовість. При аналізуючому схрещуванні одержане потомство: 12 сріблястих нормальних, 12 золотистих карликових, 184 золотистих

нормальних і 184 сріблястих карликових. Провести повний генетичний аналіз. Визначити процент кросінговеру.

48. У курей гени К (повільне оперення) і k (швидке оперення) зчеплені зі статтю. Яке співвідношення курочок і півників за цією ознакою одержимо при схрещуванні курки з повільним оперенням і півня з швидким? Скласти схему схрещування.

49. У курей гени К (повільне оперення) і k (швидке оперення) зчеплені зі статтю. Яке співвідношення курочок і півників за цією ознакою одержимо за схрещування курки з швидким оперенням та гетерозиготного півня з повільним? Скласти схему схрещування.

50. У курей гени К (повільне оперення) і k (швидке оперення) зчеплені зі статтю. Яке схрещування потрібно провести, щоб отримати курочок із швидким оперенням і півників з повільним? Яке співвідношення статей буде при цьому схрещуванні? Скласти схему.

51. У канарок зчеплений зі статтю ген В контролює зелене забарвлення оперення, його рецесивний алель – коричневе. Наявність чуба залежить від аутосомного гена С, його відсутність – від с. Зеленого самця без чуба схрещено з коричневою чубатою самкою. У потомстві зелені самки (чубаті й без чуба) і коричневі самці (чубаті й без чуба). Які генотипи батьків?

52. У канарок зчеплений зі статтю ген В контролює зелене забарвлення оперення, його рецесивний алель – коричневе. Наявність чуба залежить від аутосомного гена С, його відсутність – від с. Яким буде потомство в F_1 і F_2 від схрещування коричневої самки без чубчика з гомозиготним зеленим чубатим самцем?

53. У канарок зчеплений зі статтю ген В контролює зелене забарвлення оперення, його рецесивний алель – коричневе. Наявність чуба залежить від аутосомного гена С, його відсутність – від с. При спарюванні коричневої чубатої самки з зеленим самцем без чубчика одержано потомство у співвідношенні: 2 зелені чубаті самки, 1 коричневий чубатий самець і 1 коричневий без чубчика самець. Визначити генотипи батьків?

54. У курей рябе оперення домінує над нерябим (ознака зчеплена зі статтю). Наявність гребеня домінує над його відсутністю (успадкування аутосомне). Півень і курка рябі з гребенем. Від них одержали двох курчат: рябого з гребенем півня і нерябу курку без гребеня. Визначте генотипи птахів. Які ще за цими ознаками можуть бути в них курчата?

55. При схрещуванні півня з жовтими ногами і курки з зеленими ногами в F_1 усі півники і курочки мали жовті ноги, а в F_2 одержали 152 курчати обох статей з жовтими і 49 курочок з зеленими ногами. Скласти схему схрещування. Які генотипи вихідних птахів?

56. У курей породи віандот спостерігається дві форми смугастості – золотиста (s) і срібляста (S), гени яких знаходяться в статевих хромосомах. Провести аналіз різних варіантів спарювання: сріблясто-смугастої курки з золотисто-смугастим півнем і золотисто-смугастої курки з гомозиготним сріблясто-смугастим півнем.

57. Гемофілія у собак зумовлена рецесивним геном, зчепленим з X-хромосомою. Які цуценята народяться, якщо у самця і самки нормальне зсідання крові, але самка гетерозиготна за геном гемофілії?

58. У бронзових індиків є спадково обумовлений дефект (вібрація) тіла, зчеплений зі статтю. При схрещуванні нормальних самок із хворими індіками серед нащадків усі самці були нормальними, а у самок проявлялась ця аномалія. Визначити тип успадкування дефекту і генотипи батьківських пар.

59. У курей рецесивний ген b, який викликає карликовість, локалізований у X-хромосомі. Яких за генотипом потрібно взяти півників і курочок, щоб серед нащадків півники були нормального розміру, а курочки – карликові? Скласти схему схрещування.

60. У мишей гемофілія успадковується як зчеплена з X-хромосомою рецесивна ознака. Альбінізм обумовлений аутосомно-рецесивним геном. У пари нормальних мишей народився нащадок чоловічої статі з обома аномаліями. Яка ймовірність того, що у другого нащадка чоловічої статі також проявляться обидві аномалії одночасно? Відповідь підтвердити схемою схрещування.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 3. МУТАГЕНЕЗ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ГЕНЕТИКИ В АГРАРНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Задача № 1. Визначити генетичну подібність двох порід ВРХ за вказаним варіантом:

Частота основних антигенів груп крові ВРХ різних порід поліської зони України

Антигени	Порода									
	Сименталь-ська (С)	Білоголова укр. (БГУ)	Червона польська (ЧП)	Чорно-ряба (ЧР)	Місцева (М)	Голландська (ГО)	Естонська (Е)	½ голштин-ська (1/2Г)	Німецька (Н)	Датська (Д)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_2	0,42	0,42	0,16	0,54	0,63	0,50	0,49	0,49	0,60	0,63
B_2	0,27	0,31	0,63	0,46	0,56	0,48	0,38	0,46	0,35	0,34
C_2	0,20	0,25	0,02	0,39	0,26	0,37	0,27	0,42	0,45	0,63
O_2	0,27	0,28	0,65	0,18	0,04	0,25	0,23	0,12	0,13	0,10
Y_2	0,15	0,48	0,32	0,54	0,78	0,64	0,29	0,54	0,23	0,49
E_2'	0,11	0,20	0,34	0,47	0,37	0,60	0,36	0,53	0,28	0,56
Γ	0,16	0,09	0,35	0,17	0,15	0,19	0,24	0,19	0,08	0,17
O'	0,13	0,12	0,17	0,24	0,11	0,32	0,24	0,22	0,16	0,24
P'	0,11	0,17	0,07	0,14	0,11	0,13	0,10	0,14	0,06	0,10
Q'	0,15	0,27	0,07	0,38	0,32	0,42	0,26	0,43	0,21	0,55
G'	0,10	0,35	0,31	0,17	0,10	0,27	0,03	0,18	0,09	0,03
E	0,50	0,34	0,38	0,64	0,60	0,64	0,52	0,75	0,63	0,61
W	0,81	0,42	0,20	0,48	0,68	0,29	0,52	0,29	0,72	0,80
X_2	0,25	0,45	0,20	0,57	0,75	0,51	0,51	0,42	0,72	0,67
F	0,81	0,83	0,51	0,97	0,93	0,98	0,98	0,98	0,98	0,94
V	0,34	0,22	0,34	0,22	0,31	0,18	0,08	0,12	0,18	0,36
L	0,34	0,40	0,18	0,38	0,35	0,49	0,47	0,18	0,35	0,30
S_1	0,30	0,20	0,29	0,23	0,28	0,29	0,29	0,13	0,14	0,18
H_1	0,87	0,96	0,68	0,67	0,56	0,61	0,50	0,93	0,67	0,88
Z	0,77	0,57	0,48	0,50	0,48	0,47	0,58	0,50	0,57	0,47

Варіанти:

1	С-БГУ	12	БГУ-М	23	ЧП-Н	34	М-Н
2	С-ЧП	13	БГУ-ГО	24	ЧП-Д	35	М-Д
3	С-ЧР	14	БГУ-Е	25	ЧР-М	36	ГО-Е
4	С-М	15	БГУ-1/2Г	26	ЧР-ГО	37	ГО-1/2Г
5	С-ГО	16	БГУ-Н	27	ЧР-Е	38	ГО-Н
6	С-Е	17	БГУ-Д	28	ЧР-1/2Г	39	ГО-Д
7	С-1/2Г	18	ЧП-ЧР	29	ЧР-Н	40	Е-1/2Г
8	С-Н	19	ЧП-М	30	ЧР-Д	41	Е-Н
9	С-Д	20	ЧП-ГО	31	М-ГО	42	Е-Д
10	БГУ-ЧП	21	ЧП-Е	32	М-Е	43	1/2Г-Н
11	БГУ-ЧР	22	ЧП-1/2Г	33	М-1/2Г	44	1/2Г-Д
						45	Н-Д

Задача №2. Варіанти 1 - 15. Свиноматку великої білої породи (ВБ) осіменяли в одну охоту спермою двох кнурів-плідників великої білої породи (ВБ) і ландрас (Л) для підвищення відтворювальних якостей. За даними аглютинаційного тесту визначити батьків поросят, походження яких викликає сумнів.

№ 1

Інвентарний номер тварини	Антигени											
	Aq	Ap	Ba	Bb	Ea	Ee	Ed	Eg	Ga	Gb	Ka	Kb
♀ ВБ – 1460	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+
♂ ВБ – 639	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+
♂ Л – 1047	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-
F1 – 944	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+
941	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+
943	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+
946	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+

№ 2

Інвентарний номер тварини	Антигени											
	Bb	Ea	Eb	Ee	Eg	Ef	Fa	Fb	Fd	Fc	Ga	Gb
♀ ВБ – 8	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+
♂ ВБ – 543	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+
♂ Л – 341	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+
F1 – 59	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+
63	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+
55	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+
61	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+

№ 3

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	Ac	Ba	Bb	Ea	Eb	Ed	Eg	Ef	Ga	Gb	Fd	Fc
♀ ВБ – 470	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+
♂ ВБ – 827	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+
♂ Л – 947	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+
F1 – 1901	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+
1903	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+
1904	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+
1906	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+

№ 4

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	Da	Db	Ea	Ee	Eg	Ef	Fd	Fc	Ha	Ia	La	Lb
♀ ВБ – 8	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+
♀ ВБ – 543	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+
♂ Л – 341	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-
F1 – 78	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+
76	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+
72	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
74	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+

№ 5

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	Ac	Da	Db	Ea	Ee	Eg	Ef	Ga	Gb	Ha	Ka	Kb
♀ ВБ – 800	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+
♂ ВБ – 1151	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+
♂ Л – 1153	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+
F1 – 1918	+	+	-	+	+	+	-	-	+	-	-	+
1920	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+
1930	+	+	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+
1923	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+

№ 6

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	Ea	Eb	Ee	Eg	Ef	Ga	Gb	Ia	La	Lb	Ld	Ma
♀ ВБ – 1460	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-
♂ ВБ – 639	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-
♂ Л – 1047	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
F1 – 944	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-
941	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-
943	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-
946	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-

№ 7

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	Ac	Ba	Bb	Ea	Ee	Eg	La	Lb	Lg	Lc	Li	LI
♀ ВБ – 488	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+
♂ ВБ – 173	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
♂ Л – 41	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
F1 – 3	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+
4	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
5	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+

№ 8

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	Da	Db	Ea	Eb	Ed	Ee	Eg	Ef	Ka	Kb	Ke	Lb
♀ ВБ – 468	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+
♂ ВБ – 59	+	-	-	+	+	-	+	-	+	+	+	-
♂ Л – 101	+	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+
F1 – 11	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	+
13	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+
14	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
15	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+

№ 9

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	Ac	Ap	Ea	Ed	Ee	Eg	Ef	Fc	Fd	La	Lb	Ka
♀ ВБ – 470	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	-
♂ ВБ – 827	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+
♂ Л – 947	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-
F1 – 1905	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
1906	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-
1907	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+
1908	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-

№ 10

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	Ac	Ba	Bb	Ea	Ee	Eg	Ef	Fa	Fb	Fd	Fc	La
♀ ВБ – 28	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-
♂ ВБ – 743	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+
♂ Л – 341	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-
F1 – 61	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+
59	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-
63	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
57	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-

№ 11

Инвентарный номер тварины	Антигени											
	Ba	Bb	Ea	Eb	Ed	Ee	Eg	Ef	Ka	Kb	Ke	Kc
♀ ВБ – 470	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-
♂ ВБ – 827	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+
♂ Л – 947	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-
F1 – 1901	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-
1903	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-
1905	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+
1902	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+

№ 12

Инвентарный номер тварины	Антигени											
	Ac	Ea	Ed	Eg	Ef	Fb	Fd	Fc	La	Lb	Ia	Ib
♀ ВБ – 520	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+
♂ ВБ – 737	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
♂ Л – 659	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+
F1 – 846	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+
848	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+
849	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
851	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+

№ 13

Инвентарный номер тварины	Антигени											
	Ea	Ee	Eg	Ef	Kb	Ke	Kf	La	Lb	Ma	Mb	Oa
♀ ВБ – 278	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-
♂ ВБ – 1115	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+
♂ Л – 947	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-
F1 – 161	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+
163	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+
165	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-
162	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-

№ 14

Инвентарный номер тварины	Антигени											
	Ba	Bb	Ea	Ee	Eg	Ef	Ha	Hb	Ka	Kb	La	Lb
♀ ВБ – 828	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+
♂ ВБ – 315	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+
♂ Л – 451	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+
F1 – 1732	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+
1734	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+
1733	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+
1735	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+

№ 15

Інвентарний номер тварини	Антигени											
	Да	Дб	Еа	Ес	Еg	Еf	Ер	Фb	Fc	Ga	Gb	Ia
♀ ВБ – 72	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-
♂ ВБ – 115	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+
♂ Л – 1287	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-
F1 – 541	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
545	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-
544	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
546	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+

Варіанти № 16 – 30. Кожного разу корова осіменялась двічі спермою двох різних бугаїв. Від неї за період господарського використання отримали четверо телят. Визначити походження кожного з них.

№ 16. Гемолітичний тест

Інвентарний номер тварини	Антигени											
	A2	D2	E'3	G'	I'	Y2	C'	W	F	V	Z	R'
♀ - 982	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+
♂ - 3399	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-
♂ - 4283	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
F1 – 2995	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+
2997	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
2986	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
2988	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+

№ 17

Інвентарний номер тварини	Антигени											
	G	I1	O3	Q	A2	E'1	F'	I'2	G'	F	V	Z
♀ - 218	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-
♂ - 3133	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+
♂ - 1721	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
F1 – 154	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-
263	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-
355	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
156	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+

№ 18

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	A1	B	G	K	Y2	O'	O1	G''	F	V	S1	H'
♀ - 762	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+
♂ - 311	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-
♂ - 729	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+
F1 – 2134	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-
1751	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+
1345	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-
2132	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+

№ 19

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	B	G	K	B'	O'	E'1	F'	G''	И	L	S	H'
♀ - 328	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+
♂ - 677	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	+
♂ - 943	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+
F1 – 125	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+
264	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+
435	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+
686	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+

№ 20

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	B	G	K	Y2	O'	O1	E'2	J'2	F	V	S1	S2
♀ - 974	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+
♂ - 235	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+
♂ - 817	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+
F1 – 1898	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+
1344	+	+	-	+	-	-	-	+	+	-	+	+
1053	+	-	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+
1049	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+

№ 21

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	B	E'1	Y1	Д'	G'	I'	Y2	W	X2	E	Z	H'
♀ - 1366	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+
♂ - 493	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+
♂ - 495	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+
F1 – 715	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+
717	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
2220	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+
2216	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+

№ 22

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	B	G	K	Ox	I2	A'1	Д'	O'	S	U''	Z	H'
♀ - 1366	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+
♂ - 493	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+
♂ - 495	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+
F1 – 715	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+
717	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
2220	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+
2216	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+

№ 23

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	B	G	K	OX	I2	A'1	I'	O'	F	V	Z	H
♀ - 758	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-
♂ - 695	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
♂ - 755	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+
F1 – 615	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-
625	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+
722	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+
842	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-

№ 24

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	A'	B'1	E'3	G'	I	Y2	Q	E	L'	W	X2	L
♀ - 1674	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-
♂ - 2085	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+
♂ - 1133	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-
F1 – 5193	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-
6051	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+
432	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	-
612	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-

№ 25

Инвентарный номер тварини	Антигени											
	A1	A'1	B'	G1	I	C'1	E	W	L'	R'	F	V
♀ - 1270	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
♂ - 487	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-
♂ - 1489	-	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+
F1 – 1123	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-
1418	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+
1420	-	+	-	+	-	-	-	+	+	-	+	-
1421	-	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-

№ 26

Инвентарный номер тварины	Антигени											
	A1	B	G	I	I'	Y2	O'	S2	U''	C1	F	V
♀ - 380	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-
♂ - 837	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
♂ - 171	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+
F1 – 104	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+
65	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
87	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-
56	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-

№ 27

Инвентарный номер тварины	Антигени											
	A'	A'2	B	B'	G'	I1	K	E'1	F'1	H'	S1	M
♀ - 144	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-
♂ - 383	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-
♂ - 189	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+
F1 – 3169	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-
3567	-	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+
788	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+
578	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+

№ 28

Инвентарный номер тварины	Антигени											
	B	G	K	E'1	F'	O'	Q	G'	G'	I'2	F	V
♀ - 380	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-
♂ - 837	+	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-
♂ - 171	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
F1 – 104	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+
65	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-
87	+	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-
56	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-

№ 29

Инвентарный номер тварины	Антигени											
	G	I1	O3	Q	A'2	E'1	F'	J2	C2	E	W	X2
♀ - 1344	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+
♂ - 493	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-
♂ - 495	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-
F1 – 178	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+
176	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	-
171	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-
183	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-

№ 30

Інвентарний номер тварини	Антигени											
	O3	Q	A'2	E'1	F'	I'2	O1	I'	E	W	L'	X2
♀ -1366	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-
♂ - 493	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+
♂ - 495	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-
F1 – 215	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-
217	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-
220	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+
216	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-

САМОСТІЙНА РОБОТА № 4. ГЕНЕТИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ СПАДКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЯХ ТВАРИННИЦТВА

За вказаним варіантом систематизувати вибірку, побудувати варіаційну криву та розрахувати наступні показники: *M*, *b*, *Cv*.

1. Добовий надій молока корів голштинської породи, кг:

17,2 20,1 18,7 19,6 21,4 16,5 22,1 19,2 18,1
 17,4 19,2 19,5 16,2 15,4 19,0 19,0 15,9 18,1
 17,4 17,8 19,5 20,0 18,3 17,8 15,2 16,9 17,8
 18,6 18,5 16,5 17,9 19,3 20,1 24,1 23,2 21,5

2. Вміст жиру в молоці за третю лактацію в корів лебединської породи, %

3,82 4,25 3,75 3,62 4,12 4,05 3,42 3,98 3,75
 4,02 3,50 3,68 3,88 3,92 3,90 4,00 3,68 3,75
 4,78 3,95 4,12 3,96 3,92 3,88 5,02 4,56 4,05
 3,42 3,70 3,65 4,00 3,60 3,78 3,84 3,75 3,85

3. Жива маса корів чорно-рябої породи після третього отелення, кг

489 491 545 488 539 440 475 488 505
 450 426 482 470 429 445 490 524 500
 430 485 485 550 504 495 536 425 510
 505 525 474 534 432 481 475 456 454

4. Надій молока за третю лактацію в корів симентальської породи, кг

3210	4862	4745	4831	4842	5445	4095	4236	4080
3350	3921	2850	3645	2948	3241	3695	3445	4231
2865	4444	3132	5110	3290	4035	3035	2830	6160
5230	5000	4245	3891	3870	3550	4012	4870	5860

5. Обхват грудей за лопатками в корів червоної степової породи, см

194	186	178	185	190	186	178	180	187
174	180	196	179	191	203	190	174	183
180	187	196	180	185	190	185	189	173
187	183	195	192	177	184	182	185	176

6. Вміст кальцію в крові корів герефордської породи, г/%

13,0	11,8	10,1	9,9	10,5	12,3	14,2	11,4	12,5
10,0	10,3	10,5	10,4	11,4	11,8	11,3	11,5	10,0
9,9	14,0	9,2	12,9	9,6	11,2	9,7	11,0	14,5
12,8	11,5	12,0	12,4	10,0	9,5	9,0	9,8	15,0

7. Кількість еритроцитів у крові корів швіцької породи, млн./мл

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

8. Кількість лейкоцитів у крові корів червоної горбатівської породи, тис/мм³

5,7	4,7	9,9	5,4	3,9	4,0	6,5	4,4	5,6
7,0	11,5	8,0	10,3	6,4	9,8	7,0	5,4	8,2
8,7	6,9	8,7	7,1	9,4	6,7	8,5	9,1	7,7
10,1	7,6	9,2	8,6	13,7	7,0	4,0	9,5	11,4

9. Вміст гемоглобіну в крові корів монбельярдської породи, од. Салі

64,8	67,8	64,0	70,2	64,8	60,6	63,0	60,6	63,0
76,8	66,5	69,5	76,6	78,0	72,0	55,2	64,2	64,2
72,0	63,0	63,6	61,2	72,0	65,4	78,0	70,8	55,8
63,0	62,1	60,0	58,6	60,1	52,8	75,6	70,4	63,0

10. Час настання овуляції в корів від початку охоти, годин

12	25	28	35	28	15	20	27	26	15	28	21
13	28	20	40	30	27	26	40	19	21	32	33
13	26	20	39	17	45	30	28	35	50	30	31

11. Багатоплідність свиноматок великої білої породи за другим опоросом, голів:

11	11	16	10	13	11	12	12	13	9	10	13
14	12	11	12	11	10	10	14	11	18	12	13
10	13	12	14	13	8	10	10	14	12	12	11

12. Жива маса свиноматок великої білої породи в віці 24 місяці, кг

240	255	295	304	265	278	290	235	274
285	305	282	325	291	300	215	270	250
294	237	250	318	340	248	261	292	228
235	230	271	235	270	261	318	262	301

13. Жива маса молодняка свиней естонської беконної породи у віці 4 міс., кг:

35	47	44	56	43	47	44	48	51	32	41	46
51	49	50	46	45	52	50	47	54	45	44	46
49	54	43	48	58	50	52	51	55	42	49	53

14. Витрати корму на 1 кг проросту живої маси свиней української м'ясної породи, к.од.:

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

15. Довжина тулуба свиноматок беркширської породи, см:

159	170	165	179	156	153	162	147	140	179	164	179
180	168	161	167	172	145	158	181	174	156	162	151
169	178	147	148	155	160	170	181	160	168	175	170

16. Молочність свиноматок породи ландрас, кг:

50	62	47	52	45	43	52	43	58	54	57	42
49	58	53	48	45	50	46	54	60	55	57	48
55	47	50	53	54	55	49	48	52	57	61	59

17. Жива маса поросят уельської породи у віці 2 міс., кг:

15,6	16,4	16,1	14,8	12,1	12,9	10,9	12,4	17,6
14,1	17,5	17,6	15,5	14,2	17,0	13,7	13,5	10,5
11,6	11,8	15,2	14,8	17,0	16,8	12,5	10,9	15,9
14,2	16,8	16,2	13,3	14,4	15,0	15,3	16,0	17,5

18. Вік досягнення 100 кг свинками полтавської м'ясної породи, днів:

167	180	190	185	178	169	201	194	185	178	170	174
170	195	198	200	205	176	168	174	178	168	165	171
195	200	201	194	191	185	188	194	185	180	183	190

19. Бактерицидна активність сироватки крові поросят породи гемпшир у віці 3 міс., %:

37,6	34,2	33,2	36,4	35,1	32,8	33,2	34,2	35,6
35,2	34,8	36,8	38,1	34,3	36,2	32,6	33,4	36,8
35,8	33,2	35,3	32,7	37,2	35,6	37,4	31,9	34,2
32,8	36,9	33,2	31,4	33,8	37,8	36,0	35,1	34,2

20. Маса туші (кг) при забої свиней живою масою 100 кг:

65,1	66,3	68,0	65,1	66,3	66,3	67,4	65,7	66,2
58,7	66,2	63,2	62,8	68,0	70,3	63,1	63,5	67,5
56,0	65,3	64,3	66,2	66,4	64,0	66,9	64,9	65,3
59,3	62,6	66,9	65,8	62,4	65,0	60,0	62,2	53,5

21. Настриг вовни в овець асканійської породи, кг:

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

22. Жива маса овець породи прекос, кг:

51	57	64	48	46	52	46	49	57	62	61	58
45	43	56	48	54	66	68	53	58	49	50	45
50	57	54	51	51	54	55	53	52	59	52	48

23. Жива маса курей породи леггорн, кг:

1,75	2,00	2,10	2,21	1,95	1,88	1,96	1,78	2,62
2,50	1,84	2,32	2,17	2,44	2,42	2,37	1,95	2,01
1,85	1,95	2,00	1,68	2,45	2,61	1,70	2,15	2,30
2,26	1,88	1,75	1,90	2,00	2,05	1,85	1,75	2,25

24. Маса яєць курей російської білої породи, кг:

53,0	55,0	54,5	49,7	51,0	53,7	51,8	60,2	50,5
49,3	53,7	49,4	55,2	53,7	51,5	60,6	48,4	52,0
47,9	48,4	47,2	46,8	61,2	45,0	48,4	49,5	53,4
54,2	49,0	53,6	46,8	59,2	56,4	58,4	57,8	55,0

25. Несучість курей породи плімутрок, штук:

235	186	195	242	188	194	219	231	203	198	185	195
213	205	227	216	180	184	195	206	217	225	251	210
213	198	228	230	218	228	194	187	228	213	220	230

26. Вік свиней харківського типу української м'ясної породи при досягненні 100 кг, днів:

180	160	188	173	159	155	180	189	164	180	190	150
170	170	158	170	169	160	180	177	188	158	150	189
187	172	165	190	173	161	163	172	180	191	165	158

27. Маса щитовидної залози (г) при забої свиней живою масою 100 кг:

8,32	5,71	7,67	6,68	10,95	15,40	5,30	13,22	7,90
11,80	10,48	7,10	7,50	7,18	5,05	6,55	6,20	12,33
7,45	5,94	7,70	8,90	9,15	4,45	7,52	13,19	10,34
12,20	8,90	7,70	5,94	12,33	6,20	10,50	6,87	5,92

28. Тривалість охоти в кобил чистокровної верхової породи, днів:

102	109	114	92	98	54	72	84	115	109	101	102
66	98	54	60	66	71	78	84	66	68	78	70
103	95	85	90	72	88	72	84	88	92	69	72

29. Вміст гемоглобіну в крові свиноматок української степової білої породи, г/%:

8,9	8,0	7,9	9,5	8,5	9,0	9,2	8,5	7,5	9,2	6,9	9,0
6,8	9,1	6,5	13,7	9,7	9,3	9,8	10,4	11,7	6,4	9,2	6,5
7,7	8,2	9,2	6,9	8,1	8,5	8,5	6,8	7,2	7,3	9,1	10,4

30. Кількість Т-лімфоцитів у суяг них вівцематок, шт./мм³:

480	470	520	410	440	530	540	600	610	460	550	495
470	464	700	460	500	520	500	490	530	600	540	480
550	540	450	540	490	510	570	440	480	630	550	500

САМОСТІЙНА РОБОТА № 5. КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ

Провести кореляційно-регресійний аналіз за вказаним варіантом.

Варіанти:

1	1-2	12	2-5	23	3-9	34	5-9
2	1-3	13	2-6	24	3-10	35	5-10
3	1-4	14	2-7	25	4-5	36	6-7
4	1-5	15	2-8	26	4-6	37	7-8
5	1-6	16	2-9	27	4-7	38	6-9
6	1-7	17	2-10	28	4-8	39	6-10
7	1-8	18	3-4	29	4-9	40	7-8
8	1-9	19	3-5	30	4-10	41	7-9
9	1-10	20	3-6	31	5-6	42	7-10
10	2-3	21	3-7	32	5-7	43	8-9
11	2-4	22	3-8	33	5-8	44	8-10
						45	9-10

Цифри індивідуальних завдань вказують номери стовпчиків цифр (ознак) у таблиці, що розміщена на наступній сторінці.

Вихідні дані – господарські корисні ознаки свиней

№ п/п	Рівень загального білку в плазмі крові, г/л	Середня товщина сала, мм	Маса парної туші при забої в 100 кг, кг	Маса печінки при забої в 100 кг, кг	Вік досягнення 100 кг живої маси, днів	Площа найдовшого м'яза спини, см ²	Вихід м'яса, %	Вміст гемоглобіну в крові, од. Салі	Середньо-добовий приріст, г	Витрати кормів на 1 кг приросту живої маси, кг
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7,9	43	56,0	1,70	204	38,0	62,5	73	650	4,27
2	8,4	54	64,0	1,82	176	30,6	56,0	61	860	3,99
3	8,5	59	65,9	1,56	190	54,2	54,1	53	580	4,41
4	9,4	47	65,7	1,65	195	30,2	58,3	75	820	4,04
5	8,2	39	65,0	1,70	207	22,4	57,8	60	740	3,84
6	8,7	63	66,9	1,77	193	27,6	53,6	62	780	3,60
7	7,2	47	65,0	1,51	189	38,3	63,2	72	690	3,66
8	9,4	45	66,2	2,49	192	25,2	51,6	71	680	4,19

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	8,2	55	68,0	1,75	177	27,3	54,5	57	830	3,79
10	9,6	51	65,1	1,65	188	22,6	61,7	55	550	4,60
11	8,3	55	65,3	1,75	162	34,4	49,7	52	620	4,22
12	9,0	39	65,7	1,72	178	36,4	48,4	58	690	4,23
13	9,5	54	62,4	1,58	165	29,9	56,4	79	610	4,52
14	7,6	38	66,2	1,56	183	30,4	55,4	75	640	3,69
15	8,2	41	64,2	1,81	182	24,6	50,6	71	810	3,98
16	8,2	56	64,5	1,85	218	33,1	56,4	77	450	4,71
17	9,0	57	67,5	2,00	188	43,9	56,5	75	600	4,15
18	8,1	63	70,3	1,45	186	26,7	58,9	65	1000	3,76
19	8,1	55	62,8	1,41	167	26,5	57,7	74	750	4,19
20	9,0	59	64,3	1,41	182	35,6	60,0	76	740	3,23
21	7,6	41	64,4	1,56	173	30,8	61,4	67	700	3,80
22	7,6	42	55,1	1,75	192	31,3	55,3	61	750	3,96
23	8,2	51	55,0	1,77	171	25,1	58,3	69	860	3,80
24	8,2	55	68,8	1,44	171	29,9	57,6	68	640	4,28
25	7,7	35	62,0	1,62	164	33,0	53,5	64	690	4,23
26	8,7	52	65,3	1,96	192	27,7	52,9	63	710	3,82
27	8,8	63	61,8	1,81	195	36,2	51,2	65	590	4,48
28	8,7	35	63,1	1,80	178	35,4	59,9	74	740	4,31
29	8,7	41	67,4	1,80	214	36,1	59,7	60	450	4,71
30	8,2	55	63,2	1,69	195	30,2	61,2	55	560	4,31
31	8,2	40	66,2	1,60	176	29,3	56,5	66	720	4,14
32	8,6	37	66,5	1,60	170	26,5	59,3	70	640	4,27
33	8,5	40	60,0	1,89	178	34,4	60,2	70	740	3,93
34	8,7	62	66,7	1,66	178	30,5	54,6	61	720	3,93
35	9,4	61	61,8	1,84	180	23,3	54,2	62	830	3,92
36	8,0	50	66,5	1,80	176	25,6	56,7	66	640	4,28
37	7,8	43	63,5	1,82	182	28,3	55,1	63	720	4,08
38	7,0	37	65,7	1,72	177	31,0	60,4	74	680	3,79
39	9,7	50	66,2	1,52	166	29,4	56,5	64	670	4,07
40	7,8	58	59,3	1,73	207	29,6	56,0	66	790	4,10

САМОСТІЙНА РОБОТА № 6. ОЦІНА ВІРОГІДНОСТІ РІЗНИЦІ МІЖ СЕРЕДНІМИ АРИФМЕТИЧНИМИ ДВОХ ГРУП ТВАРИН

Розрахувати M , σ , їх помилки (m) та оцінити вірогідність різниці між середніми арифметичними двох груп тварин і її імовірність (t_d , p) за вказаним варіантом.

1. Вміст фосфору (г, %) в крові корів червоної степової породи різної вгодованості:

середня – 9,1 7,8 8,4 8,7 9,8 11,4 10,1 12,2 9,8 8,9
вище середня -9,6 10,0 13,1 10,5 11,1 10,0 10,2 9,5 10,5 13,2

2. Рівень загальних імуноглобулінів (мг/л) у крові поросят на дорошуванні, які в досліді одержували з кормом біостимулятор:

контрольна група – 20 22 21 28 25 27 19 23 21 20
дослідна група – 35 29 33 32 30 34 32 34 30 31

3. Кількість еритроцитів (млн/мм²) у крові буйволят в різні сезони року:

зима – 8,6 7,8 9,1 8,2 8,4 8,8 8,7 9,8 8,1 8,1
весна – 7,6 6,5 8,4 7,4 7,3 6,8 8,1 7,0 8,5 7,3

4. Бактерицидна активність сироватки крові (%) стресостійких та стресочутливих свиней:

стресостійкі - 34 36 38 37 32 35 36 38 37 34
стресочутливі – 32 28 30 33 30 30 29 28 31 30

5. Показники молочності (кг) групи свиноматок, на яких в період супоросності випробували дію штучної аероіонізації:

дослідна група – 55 55 54 54 53 50 56 55 53 54
контрольна група – 51 49 48 47 52 53 52 47 49 49

6. Вміст загального білка (г/л) в крові поросят різних порід у віці 3,5 місяці:

велика біла порода – 60 62 57 59 60 61 61 59 60 59
українська м'ясна порода – 76 74 78 75 76 77 77 75 76 75

7. З метою попередження післяродових ускладнень коровам дослідної групи вводили естрофан і визначали час відділення посліду (хв). В контрольній групі естрофан не вводився:

дослідна група - 200 160 170 170 180 200 220 170 230 180
контрольна група-260 280 300 280 220 210 350 320 240 230

8. Вміст альбуміну в крові (г/л) свиней різного напрямку продуктивності:

м'ясний тип (порода ландрас) – 17 19 19 20 21 18 19 17 18 21
м'ясо-сальний (велика біла) – 23 24 21 22 21 20 25 26 26 25

9. Жива маса курчат (г) в 6—денному віці, які одержували стимулятор росту по 10 мл соку люцерни, в порівнянні з живою масою контрольної групи:

дослідна група – 1100 1100 1200 1100 1100 1300 1600 1300 1200 1700
контрольна група – 1000 900 800 1100 1200 900 900 700 1000 800

10. Вміст кетонових тіл (мг/л) у крові здорових та хворих катаральним маститом корів:

здорові – 12 13 12 15 15 13 12 13 15 11
хворі – 47 40 50 42 38 53 40 45 30 40

11. Експериментально заражали гельмінтами (аскариди + езофагостоми) групу 2-місячних поросят. Абсолютний приріст живої маси (кг) за період вирощування до 6-місячного віку становив:

дослідна група - 43 40 39 40 40 35 41 43 41 44
контрольна група - 50 54 59 57 59 56 55 50 57 60

12. В якості білково-мінеральної добавки свиням на відгодівлі вводили в раціон по 10 г на голову відходів виробництва (пантокрин). Середньодобові прирости (г) дослідної та контрольної груп становили:

дослідна група – 600 700 720 650 750 600 700 730 650 750
контрольна група – 480 430 400 410 420 500 400 540 560 410

14. Свиней, хворих гнійним запаленням заплюсневого суглоба, опромінювали гелій неоновим лазером у місцях розташування біологічно активних центрів і вивчали рівень резистентності. Фагоцитарний індекс у дослідній та контрольній групі становив:

дослідна група – 9,1 8,2 9,0 8,0 8,3 8,05 9,0 9,0 8,3 8,0
контрольна група – 6,0 5,5 5,5 5,0 5,8 6,3 5,7 6,2 6,2 6,0

15. У відповідь на дію стрес-фактора в організмі тварин підвищується вміст кортикостероїдів, а саме – гідрокортизону. Чи є відлучення поросят стрес-фактором, якщо вміст гідрокортизону (мг, %) до і після нього в крові поросят становив:

до відлучення – 2,2 2,4 2,5 1,8 2,3 1,6 1,5 1,7 2,0 2,0
після відлучення – 4,5 4,8 4,0 4,0 4,8 4,2 4,0 3,8 3,9 4,1

16. Джерелом імунного захисту для новонароджених телят є молозиво корів, вміст імуноглобулінів в якому змінюється з часом після розтелу.

Чи вірогідні ці зміни, якщо вміст імуноглобулінів у молозиві корів через 40 хвилин і через 16 годин після отелу характеризувався такими даними (г/л):

через 40 хв. – 40 40 42 43 40 41 42 42 42 40

через 16 год. – 4,6 4,8 5,0 4,4 5,0 4,5 5,0 4,5 5,0 6,0

17. Вміст гама-глобулінів у крові телят (г/л) різного віку:

I міс. – 10,5 9,8 11,3 10,2 10,5 11,3 10,0 8,9 9,5 10,6

II міс. – 14 15 16 15 17 14 15 15 14 16

18. Простагландіни застосовують для профілактики та терапії після родових ускладнень у корів. Судження про їх ефективність можна зробити по тривалості сервіс-періоду (днів):

дослідна група – 60 40 50 75 40 60 40 75 65 75

контрольна група – 90 100 130 75 60 45 80 120 65 130

19. Вміст фосфоліпідів у крові (г/л) здорових та хворих гнійно-катаральним маститом корів:

здорові – 0,50 0,40 0,60 0,50 0,45 0,50 0,70 0,55 0,60 0,50

хворі – 0,25 0,30 0,35 0,20 0,20 0,35 0,30 0,30 0,20 0,20

20. Кількість активних спермій (млн./мл) в еякуляті кнурів великої білої породи в різні сезони року:

Літо – 180 200 210 170 160 230 170 210 180 220

Зима – 300 280 240 230 220 250 220 260 240 250

21. Товщина шпигу (характеризує м'ясо-сальні якості) у свиней різних порід (мм):

Ландрас – 25 20 25 25 25 23 30 20 35 25

Велика біла – 50 30 55 30 45 40 30 25 35 30

22. Вміст гормону прогестерону в плазмі крові корів (мг/л) у залежності від їх фізіологічного стану:

в 2 міс. тільності – 3,60 3,90 3,75 3,60 4,00 4,10 3,90 3,70 3,60 3,80

в період родів – 0,20 0,60 0,40 0,60 0,35 0,60 0,70 0,25 0,50 0,40

23. Вміст цукру в крові (ммоль/л) коней різних порід:

Чистокровна верхова – 3,90 4,50 4,10 3,40 3,60 3,90 3,30 4,10 4,80 2,70

Ахалтекінська – 5,30 5,20 3,45 4,80 4,20 4,00 3,45 3,80 5,20 5,50

24. Телятам, хворим бронхопневмонією, в комплексі з антибіотиками вводився біостимулятор – препарат із жіночої плаценти.

Визначити ефективність його застосування, якщо лізоцим на активність сироватки крові (мкг/мл), яка характеризує рівень природної резистентності організму, становила:

до лікування – 0,30 0,55 0,70 0,40 0,50 0,75 0,45 0,30 0,60 0,60
через 14 днів – 2,20 1,50 2,40 2,00 1,90 1,30 1,80 2,40 2,60 2,80

25. Об'єм еякуляту кнурів різних порід (мл) за 10 послідовних садок:
миргородська – 200 240 250 320 360 270 250 300 340 350
уельська – 350 420 280 300 360 250 240 250 340 300

26. Добовий надій 10 корів різних порід (кг):
голштинська – 8,6 14,6 15,4 15,0 16,2 15,6 18,2 16,6 17,2 18,8
чорно-ряба – 9,8 9,4 9,2 9,2 10,0 10,6 11,6 13,0 12,2 13,6

27. Жива маса корів різних екстер'єрно-конституційних типів (кг):
широкотілий - 529 590 638 589 572 547 498 578 608 563
вужкотілий - 540 513 528 472 502 472 523 461 454 484

28. Обхват вим'я корів різних виробничих типів (см):
молочного - 126 130 147 143 146 134 131 150 135 129
молочно-м'ясного - 91 103 106 105 126 104 113 112 121 124

29. Кількість молочного жиру за лактацію корів різних виробничих типів (кг):
молочного - 175 230 260 240 178 157 250 201 197 210
молочно-м'ясного - 75 100 132 93 80 114 108 87 106 95

30. Жирномолочність корів – дочок різних бугаїв (%):
Астрала 642 - 4,90 3,97 3,70 3,90 3,97 3,95 3,68 3,57 3,46 4,23
Вірного 4975 - 3,70 3,60 3,70 3,85 3,80 3,75 3,50 3,75 3,66 3,68

САМОСТІЙНА РОБОТА № 7. ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ

Ознайомитись з умовою задачі, визначити тип дисперсійного комплексу і розрахувати показник сили впливу фактора (η_x^2), критерій вірогідності (F) та рівень імовірності (P).

1. На чотирьох групах свиноматок, по 5 голів у кожній, вивчали вплив вмісту перетравленого протеїну в раціоні на їх багатоплідність (гол.):

1 гр.	норма	8,9,10,9,8 поросят
2 гр.	норма + 5%	7, 11, 11, 9, 10 поросят
3 гр.	норма + 10%	9, 10, 11, 10, 12 поросят
4 гр.	норма +15%	9,9,12,12,13

Визначити частку впливу білкової добавки на багатоплідність свиноматок.

2. При опроміненні мишей рентгенівськими променями одержали такі дані про їх плодючість (гол.):

контроль	10	11	12	10	12
доза 100 р	7	9	10	8	9
доза 200 р	6	7	4	9	5

Чи впливає опромінення на плодючість мишей?

3. Вивчали великоплідність 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 їх великоплідність.

4. Для лікування свиней від полісерозиту застосовували різні дози лівоміцетину 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 дози	520	580	620	490	500
3 дози	490	510	480	560	530
4 дози	475	530	470	520	510

Чи впливає лікування лівоміцетином на стан здоров'я свиней?

5. Вивчали вплив віку корів на живу масу телят при народженні (кг):

Вік матерів	25-30 міс.	37, 30, 32, 35, 31, 32
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?

6. Від трьох бугаїв герефордської породи одержали по 10 телиць, жива маса яких у віці 6 місяців становила (кг):

Клевер 874	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 місяців.

7. Від трьох бугаїв герефордської породи одержали по 10 телиць, жива маса яких у віці 15 місяців становила (кг):

Клевер 874	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	399	400	415	415	418	403	413

Визначити частку впливу бугаїв на живу масу їх дочок у віці 15 місяців.

8. Маса плодів на 60-й день ембріонального періоду у чистопородних свиней породи 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?

9. Маса нирок плодів на 60-й день ембріонального періоду у чистопородних свиней породи ландрас та їх помісей з великою білою породою становила, 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

Чи впливає порода на розвиток нирок у плодів?

10. Вивчити вплив добавки у раціон трав'яного борошна на багатоплідність свиноматок великої білої породи (гол.):

1 гр.	раціон без трав'яного борошна	9, 12, 10 поросят
2 гр.	15% у структурі раціону трав'яного борошна	10,13, 11 поросят
3 гр.	25% у структурі раціону трав'яного борошна	12, 11, 13 поросят

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 в більшій мірі 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

12. Визначити силу та вірогідність рівня протейну в раціонах підсисних свиноматок породи ландрас на їх молочність (визначається за живою масою приплоду в 21-денному віці (кг)):

1 гр.	норма	70	72	74	80	64	71	65	82	74	68
2 гр.	нижче нори на 15%	70	64	60	76	58	54	65	62	70	67
3 гр.	вище нори на 15%	81	70	72	74	71	80	68	65	86	74

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
Уельська	18,3	18,7	19,3	20,6	21,2
Дюрок	14,5	15,0	16,2	15,1	14,9

14. Визначити долю впливу добавки вітаміну Е в раціоні 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

15. Вивчали тривалість ембріонального розвитку козенят, які народилися одинцями, двійнятами та трійнятами (дні):

Одинці	148	152	151	151	153	150	150	152	151	149	150	148
Двійнята	154	152	151	148	152	150	151	151	151	151	152	153
Трійнята	150	147	152	148	149	150	153	149	151	152	148	146

Чи впливає кількість козенят при народженні на тривалість ембріонального розвитку?

16. Потомство гібридних щурів вирощувалось під самками різних генотипів (лінії А, В, С, D) 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	62
Лінія С	53	62	50	53	57	59	47	53	40	46	61	55	56	45	57
Лінія D	42	54	61	48	40	51	41	50	44	55	45	52	53	42	54

Який вплив генотипових особливостей самок-годувальниць на ріст щуренят?

17. Вивчали тривалість розвитку ембріонів кроленят різних порід (дні):

Шиншила	30	35	36	32	31	31	30	33	34	33	32	35	34	31	32
Сірий велетень	30	30	31	30	29	31	30	30	29	30	30	30	29	31	31
Новозеландська	30	30	29	31	30	29	31	32	30	31	30	31	30	30	31
Каліфорнійська	31	30	32	32	30	31	34	32	32	30	31	31	30	33	31

Чи впливає порода на тривалість розвитку ембріонів у кролів?

18. Річні надої корів різних отелів, 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 отелів на річні надої корів?

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 застосування різних форм синестролу на масу яйцепроводів.

20. Вміст гемоглобіну в крові корів різних порід (г/100 мл):

Чорно-ряба	8,5	9,4	9,0	9,3	9,1	9,6
Червона степова	8,9	9,1	9,4	9,2	8,0	9,9
Симентальська	9,2	9,9	10,1	10,4	9,2	10,6
Бура карпатська	11,6	10,9	12,1	11,4	12,5	12,9

Чи впливають породні особливості на вміст гемоглобіну в крові корів?

21. Кількість еритроцитів у крові корів різних порід (млн./мл):

Чорно-ряба	5,4	5,2	5,9	5,0	5,6	5,1
Червона степова	5,8	5,0	5,9	6,1	5,8	5,4
Симентальська	6,4	5,9	6,7	7,0	6,9	7,1
Бура карпатська	7,2	7,4	7,1	6,9	7,5	7,2

Чи впливають породні особливості на кількість еритроцитів у крові корів?

22. Вивчали вміст загального білірубіну в сироватці крові корів при різних захворюваннях (кмоль/л):

Інфекційна анемія	17,4	11,6	18,3	16,1	19,2
Контагіозна плевропневмонія	14,2	15,6	16,4	21,2	17,0
Лептоспіроз	18,2	14,6	11,2	18,9	17,4
Хронічний гепатит	21,9	27,3	19,8	25,6	30,2
Здорові	2,4	3,9	2,1	4,6	6,2

Чи впливає стан здоров'я на вміст загального білірубіну в сироватці крові корів?

23. Вміст гемоглобіну у крові телят різного віку (г %):

1 день	12,8	11,9	12,1	13,0	12,5	13,4
2 тижні	11,0	10,5	11,6	10,8	11,2	10,7
1 місяць	10,4	9,5	9,1	9,9	10,5	9,7

Визначити частку впливу віку телят на вміст гемоглобіну в крові.

24. Кількість еритроцитів у крові телят різного віку (млн./мл):

1 день	9,94	9,98	10,16	11,42	10,86	9,80
2 тижні	8,31	8,41	7,96	8,94	9,01	7,65
1 місяць	8,32	7,86	7,92	8,09	8,56	7,82

Визначити частку впливу віку телят на кількість еритроцитів у крові.

25. Кількість лейкоцитів у крові телят різного віку, (тис./мкл):

1 день	10,5	10,8	10,4	9,7	11,6	11,0
2 тижні	9,4	8,7	9,5	9,8	8,9	9,1
1 місяць	9,1	9,0	8,6	8,2	9,4	9,0

Визначити частку впливу віку телят на кількість лейкоцитів у крові.

26. Добовий надій корів-первісток з різною формою молочної залози (вим'я), кг:

Ванноподібна	13,7	20,0	15,2	21,8	17,0	13,5	24,2	24,7	18,4	17,7	17,5	25,0
Чашеподібна	18,3	15,9	19,8	16,9	20,0	26,1	16,5	15,8	13,6	14,6	15,3	20,0
Округла	15,0	12,7	11,4	10,4	14,8	19,7	10,8	11,9	16,3	15,5	10,2	9,7

Визначити долю впливу форми вим'я корів на добовий надій корів.

27. Добовий надій корів-первісток різних ліній, кг:

Валіанта	21,4	19,7	18,5	20,4	17,5	16,2	21,0	19,5	15,7	13,3	14,2	11,6
Старбака	15,0	19,6	20,5	18,0	21,2	15,3	16,3	18,5	12,5	11,8	15,0	14,0
Чіфа	16,1	20,1	21,6	15,0	12,5	13,8	21,3	18,4	20,3	19,3	11,6	14,0

Визначити частку впливу лінійної належності корів на їх добовий надій.

28. Умовний об'єм вим'я корів-первісток різних порід, л:

Голштинська	20,1	18,6	20,7	16,8	22,3	21,6	19,4	15,8	14,3	15,4
Українська чорно-ряба молочна	19,5	18,9	20,7	16,8	14,5	21,9	22	18,5	13,2	15,6
Українська червоно-ряба молочна	13,3	20	15,9	16,7	13,7	17,6	14,7	15,2	12,4	13,4

Чи впливає породна належність на умовний об'єм вим'я корів?

29. Визначити, чи впливає генотип бугая на висоту в холці дочок

Ральф	130	136	130	129	136	132	130	133	130	125	126	130
Сіггі	133	136	130	134	131	138	130	130	135	138	136	134
Лікон	138	126	129	127	126	141	131	132	135	127	125	127
Бріко	132	133	129	135	126	133	134	139	130	133	130	132

30. Визначити, чи впливає генотип бугая на коефіцієнт відтворної здатності дочок

Ральф	0,97	0,97	0,81	0,97	0,97	0,86	0,84	1,08	1,06	0,85	0,83	0,90
Сіггі	0,97	1,01	0,66	0,88	0,94	0,97	0,97	0,96	0,69	0,87	0,96	0,97
Лікон	0,97	0,97	0,97	0,97	0,99	0,65	0,98	0,72	0,81	0,77	0,97	0,99
Бріко	0,97	0,97	0,86	1,16	0,89	0,91	0,94	1,04	1,00	0,95	0,82	0,99

РОЗДІЛ 4. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ

4.1. МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ

4.1.1. МОДЕЛЮВАННЯ БУДОВИ НУКЛЕЇНОВИХ КИСЛОТ ТА БІОСИНТЕЗУ БІЛКА

1. Скласти модель транскрипції і трансляції, якщо наведена послідовність нулеотидів комплементарного ланцюга ДНК:

	(комплементарний ланцюг)
ДНК	А А А Т Т А Г Г Ц Ц Г А
	Т Т Т А А Т Ц Ц Г Г Ц Т
	(матричний ланцюг, структурний ген)
і-РНК	А А А - У У А - Г Г Ц - Ц Г А
АК	ліз - лей - глі - арг
Антикодони	
т-РНК	У У У А А У Ц Ц Г Г Ц У

2. Визначити молекулярну масу та довжину гена, що складається з 510 нуклеотидів.

При виконанні розрахункових задач треба пам'ятати такі кількісні дані:

M_r (середня) нуклеотиду = 300 або 345 (за різними даними),

M_r (середня) амінокислоти = 100

ΔL між двома сусідніми нуклеотидами = 0,34 нм або 3,4 °А.

1 нанометр = 10^{-9} м, ΔR між АК = 0,35 нм (АК – амінокислоти).

L гена = $\Delta L_{\text{нукл.}} \cdot (N_{\text{нукл.}} - 1)$, де N – загальна кількість нуклеотидів.

Дано: ген	Розв'язання
N (нукл.) = 510	M_r (гена) = M_r (нукл.) $\times N$ (нукл.)
M_r (гена) – ?	L (гена) = ΔL (нукл.) $\times (N_{\text{нукл.}} - 1)$
L (гена) – ?	M_r (гена) = $300 \cdot 510 = 153000$
M_r (нукл.) = 300	L (гена) = $0,34 \text{ нм} \cdot (510 - 1) = 173,06 \text{ нм}$
ΔL (нукл.) = 0,34 нм	

Відповідь: молекулярна маса даного гена 153000, довжина гена 173,06 нм

3. Синтезована за матричним ланцюгом ДНК молекула і-РНК має таке співвідношення нуклеотидів: А – 14%, Г – 20%, У – 40%, Ц – 26%. Визначити відсоток нуклеотидів у молекулі ДНК.

Розв'язання: Визначаємо структуру матричного ланцюга ДНК, за яким синтезована і-РНК: Т – 14%, Ц – 20%, А – 40%, Г – 26%; потім комплементарного йому ланцюга: А – 14%, Г – 20%, Т – 40%, Ц – 26%.

$$A=T = (40+14)/2 = 27\%; G=C = (20+26)/2 = 23\%.$$

Відповідь: відсоток нуклеотидів у молекулі ДНК: А – 27%, Г – 23%, Т – 27%, Ц – 23%.

4.1.2. МОДЕЛЮВАННЯ ГЕННИХ МУТАЦІЙ

4. Матричний ланцюг ДНК має такий склад нуклеотидів:

ЦГА ААГ ЦЦГ ГГЦ ЦАТ ТАГ... .

1) Які зміни відбудуться у поліпептидному ланцюгу, якщо у результаті мутації відбулася дуплікація шостого нуклеотида?

2) Які зміни відбудуться у поліпептидному ланцюгу, якщо відбулася втрата восьмого нуклеотида?

Розв'язання:

До мутації: ДНК : ЦГА-ААГ-ЦЦГ-ГГЦ-ЦАТ-ТАГ

і-РНК : ГЦУ-УУЦ-ГГЦ-ЦЦГ-ГУА-АУЦ

АК : ала – фен – глі – про – вал – ілей

За генних мутацій відбувається зсув рамки зчитування інформації

Після першої мутації :

ДНК : ЦГА-ААГ-ГЦЦ-ГГГ-ЦЦА-ТТА-Г

і-РНК : ГЦУ-УУЦ-ЦЦГ-ЦЦЦ-ГГУ-ААУ

АК : ала – фен – арг – про – глі – аспн

Після другої мутації :

ДНК : ЦГА-ААГ- ЦЦГ-ГГЦ-ЦАТ-ТАГ

і-РНК : ГЦУ-УУЦ-ГЦЦ-ЦГГ-УАА-УЦ

АК : ала – фен – ала – арг –*нонсенс-кодон, кінець синтезу*

4.2. ГІБРИДОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ

4.2.1. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИ МОНОГІБРИДНОМУ СХРЕЩУВАННІ

1. При спаровуванні гомозиготних чорних морських свинок із білими в першому поколінні одержали потомство чорної масті. У другому поколінні серед потомків було 45 тварин з чорною мастю і 17 – з білою. Скласти схему успадкування масті в F_1 і F_2 .

Скорочений запис умови задачі: А – чорна масть, а – біла

Розв'язання:

P	♀ AA	x	♂ aa
	чорні		білі
G	a		A
F ₁	Aa		
За генотипом	100 % гетерозиготи		
За фенотипом	100 % чорні		
P	♀ Aa	x	♂ Aa
G	A, a		A, a
F ₂	1AA : 2Aa : 1aa		
За генотипом	1 : 2 : 1		
За фенотипом	75 % чорні, 25 % білі (або 3 : 1)		

2. У коней ген чорної масті (В) домінує над геном рудої (b). При схрещуванні з одним і тим же чорним жеребцем чорна кобила двічі підряд народила чорних лошат, а руда – руде лоша, а потім чорне. Встановити генотипи усіх батьківських особин, скласти схеми схрещувань.

Скорочений запис умови задачі: В – чорна масть, b – руда

Розв'язання:

P	♀ BB	x	♂ Bb
	чорна		чорний
G	B		B, b
F ₁	BB, Bb		
За генотипом	50 % домінантні гомозиготи,		
	50 % гетерозиготи		
За фенотипом	100 % чорні		

P	♀ <i>bb</i> x ♂ <i>Bb</i>
G	<i>руді</i> <i>чорний</i>
	<i>b</i> <i>B, b</i>
F ₂	<i>Bb : bb</i>
За генотипом	<i>50 % гетерозиготи,</i>
	<i>50 % рецесивні гомозиготи</i>
За фенотипом	<i>50 % чорні, 50 % руді (або 1 : 1)</i>

3. У ірландських сеттерів виявлено рецесивний ген, що обумовлює сліпоту. Від двох нормальних тварин отримано 5 цуценят, двоє з них були сліпими. Встановити генотипи батьків, написати схему схрещування.

Скорочений запис умови задачі: D – норма, d – сліпота
Розв'язання:

P	♀ <i>Dd</i> x ♂ <i>Dd</i>
	нормальні
G	<i>D, d</i> <i>D, d</i>
F ₁	
За генотипом	<i>1DD : 2Dd : 1dd</i>
За фенотипом	<i>75 % нормальні, 25 % сліпі (або 3 : 1)</i>
<i>Відповідь: обое батьків були гетерозиготними.</i>	

4.2.2. СЕРІЇ МНОЖИННИХ АЛЕЛІВ

4. У дрозофіли колір очей контролюється геном *W*, який має більш ніж 15 різних алельних станів, кожному з яких притаманний свій фенотиповий прояв, від темно-червоного (дикий тип) до кольору слонов'ї кістки. За ступенем домінування алелі розміщуються у певній послідовності.

Наприклад, $W > w^{ch} > w^e > w^a > w$, де *W* – темно-червоний, *w^{ch}* – вишневий, *w^e* – еозиновий, *w^a* – абрикосовий, *w* – білий. Від схрещування мух з темно-червоними і еозиновими очима отримали потомство з темно-червоними і вишневими. Встановити батьківські генотипи, написати схему успадкування кольору очей у першому і другому поколіннях.

Скорочений запис умови задачі: W – темно-червоний колір очей, w^{ch} – вишневий, w^e – еозиновий, w^a – абрикосовий, w – білий.

Розв'язання:

P	♀ Ww^{ch} x ♂ w^ew^e
	темно-червоні еозинові
G	W, w^{ch} w^e
F ₁	Ww^e : $w^{ch}w^e$
За генотипом	1 : 1
За фенотипом	50 % темно-червоні очі, 50 % вишневі

P	♀ Ww^e x ♂ $w^{ch}w^e$
G	W, w^e w^{ch}, w^e
F ₂	
За генотипом	$Ww^{ch}, Ww^e, w^ew^{ch}, w^ew^e$ 1 : 1 : 1 : 1
За фенотипом	50 % темно-червоні очі, 25 % вишневі, 25 % еозинові

5. У собак ген C має чотири алеля, що контролюють колір шерсті: $C > c^d > c^b > c$, де C – темний; c^d – колір шерсті білий, темні тільки кінчик носа і очі; c^b – колір шерсті білий, очі голубі; c – альбінос з рожевим носом і очима. Від схрещування темної самки з білим голубооком самцем народилось 4 цуценяти : 2 темних, 1 біле з голубими очима і 1 альбінос. Визначити генотипи батьків, написати схему схрещування.

Скорочений запис умови задачі: C – темний колір шерсті; c^d – білий, темні тільки кінчик носа і очі; c^b – білий, очі голубі; c – альбінос.

Розв'язання:

P	♀ Cc x ♂ c^bc
	темна білий, гол.очі
G	C, c c^b, c
F ₁	Cc^b, Cc, c^bc, cc
За генотипом	1 : 1 : 1 : 1
За фенотипом	2 темних, 1 біле з голубими очима, 1 альбінос

4.2.3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИ ДИГІБРИДНОМУ СХРЕЩУВАННІ

6. У великої рогатої худоби комолість домінує над рогатістю, а чорна масть над червоною. Гомозиготна комола червона корова спарена з гомозиготним рогатим чорним бугаєм. Які генотипи батьків, генотипи і фенотипи нащадків та особливості розщеплення за фенотипом в F_1 та F_2 ?

Скорочений запис умови задачі: P – комолість, p – рогатість, B – чорна масть, b – червона.

Розв'язання:

Р	♀ <i>PPbb</i>	х	♂ <i>ppBB</i>
G	<i>Pb</i>		<i>pB</i>
F ₁	<i>PpBb</i>		
	100 % комоли чорні		

P	♀ <i>PpBb</i>	x	♂ <i>PpBb</i>
G	<i>PB, Pb, pB, pb</i>		<i>PB, Pb, pB, pb</i>
F ₂			

$\text{♀} / \text{♂}$	PB	Pb	pB	pb
PB	$PPBB$	$PPBb$	$PpBB$	$PpBb$
Pb	$PPBb$	$PPbb$	$PpBb$	$Ppbb$
pB	$PpBB$	$PpBb$	$ppBB$	$ppBb$
pb	$PpBb$	$Ppbb$	$ppBb$	$ppbb$

Розщеплення в F2 за фенотипом: P-B- комолі чорні – 9; P-bb комолі червоні – 3; rrB- рогаті чорні – 3; rrbb рогаті червоні – 1.

7. Двох дигетерозиготних півнів з трояноподібним гребенем (*R*) і чорним оперенням (*B*) схрестили з двома курками з простим гребенем і білим оперенням, одержали 44 курчати. Скласти схему схрещування. Визначити співвідношення фенотипів отриманого потомства.

Скорочений запис умови задачі: R – трояндоподібний гребінь, r – простий,

B – чорне оперення, *b* – біле.

Розв'язання:

Р ♀ *rrbb* х ♂ *RrBb*
тр.гр., біла *тр.гр., чорний*

G *rb* *RB, Rb, rB, rb*

F₁

♀ / ♂	<i>RB</i>	<i>Rb</i>	<i>rB</i>	<i>rb</i>
<i>rb</i>	<i>RrBb</i>	<i>Rrbb</i>	<i>rrBb</i>	<i>rrbb</i>

Відповідь: 25 % з трояндоподібним гребенем чорних,
 25 % з трояндоподібним гребенем білих,
 25 % з простим гребенем чорних,
 25 % з простим гребенем білих.

У числовому співвідношенні – 4 фенотипових класи по 11 особин (44 : 4 = 11).

8. У собак чорне забарвлення шерсті (*B*) домінує над коричневим (*b*), а коротка шерсть (*K*) – над довгою (*k*). Внаслідок схрещування чорної короткошерстної самки з коричневим довгошерстним самцем отримано 5 цуценят : 3 чорних з короткою шерстю і 2 чорних з довгою. Визначити генотипи батьків, написати схему схрещування.

Скорочений запис умови задачі: *B* – чорне забарвлення шерсті, *b* – коричневе, *K* – коротка шерсть, *k* – довга.

Розв'язання:

Р ♀ *BBKk* х ♂ *bbkk*
 G *BK, Bk* *bk*

F₁

♂ / ♀	<i>BK</i>	<i>Bk</i>
<i>bk</i>	<i>BbKk</i>	<i>Bbkk</i>

4.2.4. АНАЛІЗ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПРИ РІЗНИХ ФОРМАХ ВЗАЄМОДІЇ НЕАЛЕЛЬНИХ ГЕНІВ

9. Брунатне (коричнєве) забарвлення хутра у норки, властиве дикому типу, обумовлене двома домінантними неалельними генами. При гомозиготності за однією або двома парами рецесивних алелів цих генів норки мають платинове забарвлення. Від спаровування платинового самця з платиновою самкою одержали в F₁ брунатне потомство.

Скорочений запис умови задачі: $A-B$ - коричневе забарвлення хутра, $A-bb$, aaB , $aabb$ платинове.

Р	♀ <i>AAbb</i>	x	♂ <i>aaBB</i>
	<i>платинова</i>		<i>платиновий</i>
G	<i>Ab</i>		<i>aB</i>
F ₁	<i>AaBb</i>		
	<i>100 % коричневі</i>		

P	♀ <i>AaBb</i>	x	♂ <i>AaBb</i>
G	<i>AB, Ab, aB, ab</i>		<i>AB, Ab, aB, ab</i>
F ₂			

$\frac{A}{a}$	$\frac{B}{b}$	$\frac{A}{a}$	$\frac{B}{b}$	$\frac{A}{a}$	$\frac{B}{b}$
$\frac{A}{a}$	$\frac{B}{b}$	AB	Ab	aB	ab
$\frac{A}{a}$	$\frac{B}{b}$	$AABB$	$AABb$	$AaBB$	$AaBb$
$\frac{A}{a}$	$\frac{B}{b}$	Ab	$Aabb$	$AaBb$	$Aabb$
$\frac{A}{a}$	$\frac{B}{b}$	aB	$AaBb$	$aaBB$	$aaBb$
$\frac{A}{a}$	$\frac{B}{b}$	ab	$Aabb$	$aaBb$	$aabb$

Розщеплення в F_2 : 9A-B- : (3A-bb + 3aaB- + 1aabb)(9 : 7)
коричневі платинові

10. У курей для появи забарвлення пір'я потрібна наявність домінантного гена *C*, гомозиготність його за рецесивним алелем (*cc*) зумовлює біле забарвлення. Інший неалельний ген у домінантному стані (*I*) пригнічує забарвлення. При схрещуванні курки *CcIi* з півнем *ccii* одержано 128 курчат. Скільки курчат будуть мати забарвлення пір'я? Скільки курчат будуть білими? Якою формою взаємодії генів зумовлене таке розщеплення за фенотипом?

Скорочений запис умови задачі: *C* - забарвлене пір'я, *c* – біле. *I* – ген-інгібітор, пригнічує забарвлення.

Розв'язання:

P	♀ <i>CcIi</i> біла	x	♂ <i>ccii</i> білий	
G	<i>CI, Ci, cI, ci</i>		<i>ci</i>	
F ₁				
♂ / ♀	<i>CI</i>	<i>Ci</i>	<i>cI</i>	<i>ci</i>
<i>ci</i>	<i>CcIi</i> біле	<i>Ccii</i> забарвлене	<i>ccIi</i> біле	<i>ccii</i> біле

Відповідь: забарвленими будуть $1/4 * 128 = 32$ курчати, білими $3/4 * 128 = 96$. Форма взаємодії – гени-інгібітори.

4.2.5. ЛЕТАЛЬНІ ГЕНИ

11. Аутосомний ген *a* у мексиканського дога обумовлює відсутність шерсті і має летальну дію. При схрещуванні нормальних самця і самки цієї породи частина потомства загинула. При схрещуванні того ж самця з іншою самкою загибелі потомства не сталося. Визначити генотипи батьків, скласти схеми схрещувань.

Скорочений запис умови задачі: *A* – норма, *a* – відсутність шерсті, *aa* – леталь.

Розв'язання:

P	♀ <i>Aa</i>	x	♂ <i>Aa</i>	
G	<i>A, a</i>		<i>A, a</i>	
F ₁	<i>1AA : 2Aa : 1aa</i> 25 % гине (<i>aa</i>)			
P	♀ <i>AA</i>	x	♂ <i>Aa</i>	
G	<i>A</i>		<i>A, a</i>	
F ₁	<i>1AA : 1Aa</i>			

Відповідь: Генотип самця та першої самки *Aa*, другої самки – *AA*.

Скорочений запис умови задачі: W – платинове забарвлення, w – сріблясте, WW – леталь.

P	♀ <i>Ww</i>	x	♂ <i>ww</i>
	<i>платинова</i>		<i>сріблястий</i>
G	<i>W, w</i>		<i>w</i>
F ₁	<i>IWw : Iww</i>		
	<i>50 % платинових, 50 % сріблястих</i>		

13. У кроликів гени забарвлення шерсті і жиру локалізовані в одній хромосомі. Чорне забарвлення шерсті (B) домінантне відносно коричневого (b), а біле забарвлення жиру (Y) домінантне відносно до жовтого (y). Схрестили дві породи кроликів: у однієї чорна шерсть і білий колір жиру, у другої – коричнева шерсть і жовтий жир. Отримали 77 кроленят : 32 чорних з білим жиром, 34 коричневих з жовтим, 6 чорних з жовтим жиром, 5 коричневих з білим. Скласти схему схрещування. Визначити відстань між генами B і Y .

Розв'язання:

$P:$ ♀ $BYby$ x ♂ $byby$

293

Частота кросингверу визначається за формулою $(n_1/n) \cdot 100\%$, де n_1 – кількість кросоверних особин, n – загальна кількість особин, $ЧК = (6+5)/(32+34+6+5) \cdot 100 = 14,3\%$.

Відповідь: відстань між генами В і У – 11,4%.

14. У дрозофіли гени *A* і *B* розміщені на одній хромосомі, відстань між ними становить 24 % кросингверу. Ген *C* розміщений на іншій хромосомі. Які типи гамет і у якому відсотковому співвідношенні утворюються у особини, що має генотип *AB//ab C//c*?

Розв'язання: Спочатку визначимо відсотки кросоверних і некросоверних гамет: 76% некросоверних *AB* і *ab*; 24 % кросоверних *Ab* і *aB*. Окремо *AB* і *ab* по 38%, *Ab* і *aB* по 12%. При утворенні гамет кожна комбінація з однаковою ймовірністю може поєднатись з алелем *C* або *c*. Внаслідок цього утвориться 8 типів гамет: 19% *ABC*, 19% *ABc*, 19% *abC*, 19% *abc*; 6% *AbC*, 6% *Abc*, 6% *aBC*, 6% *aBc*.

15. Гени В, D, Е знаходяться в одній групі зчеплення. Між генами В і D кросингвер проходить з частотою 7,4 %, а між генами D і Е – 2,9 %. Визначити розташування генів В, D і Е, якщо відстань між генами В і Е дорівнює 10,3 % кросингверу.

Розв'язання: $BE = BD + DE$; $10,3 = 7,4 + 2,9$.

Відповідь: BDE.

4.2.7. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗЧЕПЛЕНОГО ЗІ СТАТТЮ УСПАДКУВАННЯ

16. У леггорнів зчеплений зі статтю ген *a* викликає загибель ембріонів за 3 дні до закінчення інкубації. Від схрещування гетерозиготного півня за цією ознакою з нормальними курами одержано 36 курчат. Скільки ембріонів загинуло в інкубаційний період? Скільки серед отриманого потомства курочок і півників?

Скорочений запис умови задачі: *A* – норма, *a* – леталь.

Розв'язання. Потрібно мати на увазі, що у птахів жіноча стать гетерогаметна, чоловіча гомогаметна.

P	♀	$X^A Y$	x	♂	$X^A X^a$
G		X^A, Y			X^A, X^a
F ₁	♀♀	$X^A Y, X^a Y$		♂♂	$X^A X^A, X^A X^a$

Відповідь: загинуло 12 ембріонів жіночої статі з генотипом $X^a Y$ (25 %). Серед отриманого потомства 12 курочок і 24 півники.

17. У свійських котів гени, що визначають забарвлення шерсті, зчеплені зі статтю. Ген B_1 зумовлює чорне забарвлення, B_2 – руде. Жоден з генів не домінує, гетерозиготні тварини мають плямисте забарвлення, або «черепашкове». Схрестили чорну кішку з рудим котом. Чи будуть у потомстві особини з рудим кольором шерсті?

Скорочений запис умови задачі: X^{B_1} – чорне забарвлення, X^{B_2} – руде, $X^{B_1} X^{B_2}$ – «черепашкове».

Розв'язання: У ссавців жіноча стать гомогаметна, чоловіча гетерогаметна.

P	♀	$X^{B_1} X^{B_1}$	x	♂	$X^{B_2} Y$
		чорна			рудий
G		X^{B_1}			X^{B_2}, Y
F ₁	♀♀	$X^{B_1} X^{B_2}$		♂♂	$X^{B_1} Y$
		черепашові			чорні

Відповідь: рудих кошенят у потомстві не буде.

18. Гемофілія (незсідання крові) у собак зумовлена зчепленим зі статтю геном (h). Цуценята-гемофіліки у більшості випадків гинуть, не досягаючи статевої зрілості. Від схрещування нормальної гетерозиготної самки з нормальним самцем отримали 8 цуценят, серед яких 4 самці. Скільки цуценят будуть гемофіліками? Скільки носіями гемофілії? Скільки буде здорових самців і самочок?

Скорочений запис умови задачі: X^H – норма, X^h – гемофілія.

Розв'язання:

P	♀	$X^H X^h$	x	♂	$X^H Y$
		здорова			здоровий
G		X^H, X^h			X^H, Y
F ₁	♀♀	$X^H X^H, X^H X^h$		♂♂	$X^H Y, X^h Y$
		здорові			здоровий хворий

Відповідь: двоє самців будуть гемофіліками, двоє самочок носіями гемофілії. Здорових буде 6 цуценят – 4 самочки і 2 самці.

4.3. ІМУНОГЕНЕТИКА І ГЕНЕТИЧНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ БІЛКІВ

При встановленні батьків потрібно пам'ятати, що у потомства можуть бути лише ті антигени, які є у одного з батьків. Батьківство слід визначати за антигенами, різними у батьків і відсутніми у матерів.

1. Визначити походження поросят при осіменінні свиноматки змішаною спермою двох кнурів

Стать і номер тварини	Антигени								Номер батька
	Aa	Ea	Ed	Ee	Ef	Gb	Fa	Ka	
Свиноматка № 260	—	+	—	+	+	—	—	—	
Кнур № 315	+	+	+	—	+	—	+	+	
Кнур № 545	—	+	+	—	—	+	—	—	
Потомки № 160	—	+	+	+	+	+	—	—	545
№ 157	—	+	+	—	+	—	+	+	315
№ 162	+	+	+	—	+	—	—	+	315
№ 159	—	+	+	+	+	+	—	—	545
№ 161	+	+	—	—	—	—	+	—	315
№ 163	—	+	—	—	+	—	+	—	315
№ 164	+	+	+	+	—	+	—	—	545

2. За нижче наведеними даними визначити вірогідність походження нащадків у тварин симентальської худоби

Сімейні відносини	Номер тварини	Системи груп крові									
		A	B	C	F-V	J	L	M	S	Z	R'
Батько	208	—/—	O ₃ QA ₂ E ₁ F'J ₂ /Q	WX ₂ /EWL'	V/V	—/—	—/—	—/—	H'/H'	—/—	—/—
Мати	277	—/—	O'—	W/W	F/F	—/—	L/—	—/—	H'H''/H'	—/—	—/—
Нащадок	800	—/—	Q/O'	EWL'/W	V/F	—/—	—/L	—/—	H'/H'H''	—/—	—/—

Відповідь: вірогідність походження нащадків підтверджується.

3. Корову 773 осіменяли двічі. Першого разу – спермою бугая 207, другого – 426. Який бугай є батьком нащадка 826?

Сімейні відносини	Номер тварини	Системи груп крові									
		A	B	C	F-V	J	L	M	S	Z	R'
Бугай	207	A ₁ /A ₁	–/ BGKE ₁ F'O'	C ₁ EW/G ₁ EWX	F/F	–/–	–/–	M/–	H'/–	Z/Z	–/–
Бугай	426	A ₁ /–	O ₃ E ₁ F'J ₂ /O ₃ QF'J ₂	C ₁ EWX ₁ /W	F/V	–/–	–/–	–/–	H'/H'	–/–	–/–
Корова	773	–/A ₁	Q/BGKE ₁ F'O'	C ₁ EW/W	F/F	–/–	–/–	–/–	H'/H'	–/Z	–/–
Нашадок	826	A ₁ /A ₁	–/Q	C ₁ EW/C ₁ EW	F/F	–/–	–/–	M/–	H'/H'	Z/Z	–/–

Відповідь: батьком є бугай № 207.

4. Визначити вірогідність запису батька у нащадка, мати якого вибула

Сімейні відносини	Номер тварини	Системи груп крові									
		A	B	C	F-V	J	L	M	S	Z	R'
Бугай	386	A ₁ /–	GI ₁ /O ₃ QE ₁ F'J ₂ '	C ₂ EW/WX ₂	F/F	J/–	L/–	–/–	H'H''/H'	Z/–	R'/–
Корова	441	Вибула									
Нашадок	550	–/–	GI ₁ /I ₁ G'	WX ₂ /EWL'	F/V	J/–	L/–	–/–	H'/H''	–/–	R'/–

Відповідь: запис батька у нащадка вірогідний.

5. На основі гемолітичного тесту зразків крові близнюків визначити їх зиготність

Результати реакції гемолізу

Стать і номер тварини	Ступінь гемолізу в антисироватках											
	A	B						C			F-V	Z
	A ₂	B	O ₁	Q	Y ₂	D'	I'	O ₂	W	C	F	V
Теличка 3		4	4	4				4	4		4	4
Теличка 4		4	4	4				4	4		4	4
Бичок 5	2		2		3		3	4			4	
Бичок 6	+		+		3		1	4			4	
Теличка 9		4		4		4	4		4			4
Теличка 10		4		4		4		4	4	4	4	4

Діагностика зиготності близнюків базується на індивідуальності типів їх крові. У монозиготних близнюків спостерігається повна ідентичність типів крові. Дизиготні близнюки мають різні типи крові (за відсутності ембріональних судинних анастомозів), або у них виявляється

мозаїка еритроцитів (якщо мали місце анастомози). Повний гемоліз позначається цифрою 4, частковий гемоліз – цифрами 3, 2, 1 і знаком «+».

Відповідь: 1 пара – монозиготні; 2 пара – дизиготні мозаїчні; 3 пара – дизиготні немозаїчні.

6. Білок трансферин у свиней детермінується двома алелями 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) $Tf^A/Tf^B \times Tf^A/Tf^B$

$$\begin{array}{lcl} P & \text{♀} & Tf^A/Tf^A \quad \times \quad \text{♂} \quad Tf^A/Tf^B \\ G & & Tf^A \quad \quad \quad Tf^A, Tf^B \end{array}$$

$$F_1 \quad 50 \% Tf^A/Tf^A, \quad 50 \% Tf^A/Tf^B$$

$$\begin{array}{lcl} P & \text{♀} & Tf^A/Tf^B \quad \times \quad \text{♂} \quad Tf^A/Tf^B \\ G & & Tf^A, Tf^B \quad \quad \quad Tf^A, Tf^B \end{array}$$

$$F_1 \quad 25\% Tf^A/Tf^A, \quad 50\% Tf^A/Tf^B, \quad 25\% Tf^B/Tf^B$$

7. Корова з типом гемоглобіну Hb^B/Hb^C була осемінена двічі спермою різних бугаїв в типах гемоглобінів $Hb^A/Hb^A \times Hb^B/Hb^B$. Генотип теляти, що народилося Hb^A/Hb^C . Який бугай є його батьком?

Відповідь: батьком є бугай з генотипом Hb^A/Hb^A .

4.4. МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА У ТВАРИННИЦТВІ

4.4.1. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ СТАТИСТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ (МАЛА ВИБІРКА)

1. Розрахувати основні статистичні параметри малої вибірки (жива маса молодняка свиней естонської беконної породи у віці 4 міс, кг):

35, 47, 44, 56, 43, 47, 48, 51, 32, 41, 51, 49, 50

Розв'язання:

x	35	47	44	56	43	47	48	51	32	41	51	49	50
x^2	12	22	19	31	18	22	23	26	10	16	26	24	25
	25	09	36	36	49	09	04	01	24	81	01	01	00

$$\Sigma x = 594; \quad \Sigma x^2 = 27676;$$

$$M = \frac{\sum x}{n} = \frac{594}{13} = 45,7 \text{ кг};$$

$$c_x = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} = 27676 - \frac{(594)^2}{13} = 535;$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{c}{n-1}} = \sqrt{\frac{535}{13-1}} = 6,7 \text{ кг}; \quad c_v = \frac{\sigma \cdot 100\%}{M} = \frac{6,7 \cdot 100\%}{45,7} = 14,7 \%;$$

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{6,7}{\sqrt{13}} = 1,86 \text{ кг}.$$

4.4.2. РОЗРАХУНОК СЕРЕДНЬОЇ ВИВАЖЕНОЇ (M_B)

2. У господарстві з трьох відділень відправлено молоко на молокозавод з такою жирністю: I – 5000 кг, 3,85%; II – 4500 кг, 3,92 %; III – 3500 кг, 4,01%. Визначити середній вміст жиру в молоці (%)

Середня виважена є результатом усереднення середніх арифметичних декількох вибірок.

$$M_e = \frac{M_1 n_1 + M_2 n_2 + \dots + M_i n_i}{n_1 + n_2 + \dots n_i} = \frac{\sum Mn}{\sum n};$$

$$M_e = \frac{3,85 \times 5000 + 3,92 \times 4500 + 4,01 \times 3500}{5000 + 4500 + 3500} = 3,92 \%$$

4.4.3. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ СТАТИСТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ (ВЕЛИКА ВИБІРКА)

3. Розрахувати основні статистичні параметри великої вибірки (товщина сала 50 свиней, мм):

43	50	42	40	46
54	39	45	37	45
59	54	51	40	47
47	38	55	62	48
39	41	35	61	47
47	56	52	50	48
47	57	49	46	49
45	48	35	37	47
53	49	43	50	50
51	59	55	58	53

Розв'язання:

$$X_{\min}=35 \text{ мм} ;$$

$$R=62-35=27;$$

$$X_{\max}=62 \text{ мм};$$

$$K=27/7=3,86 \approx 4 \text{ мм.}$$

Границі класів	Середини класів W	Частоти f	Відхилення a	Добуток fa	Добуток fa ²
35-38	36,5	5	-3	-15	45
39-42	40,5	6	-2	-12	24
43-46	44,5	7	-1	-7	7
47-50	48,5	16	0	0	0
51-54	52,5	9	+1	+9	9
55-58	56,5	5	+2	+10	20
59-62	60,5	4	+3	+12	36
				Σ= - 3	Σ=141

$$M = A + K \frac{\sum fa}{n} = 48,5 + 4 \times \frac{-3}{50} = 48,3 \text{ мм} ;$$

$$\sigma = \pm K \cdot \sqrt{\frac{\sum fa^2}{n} - \left(\frac{\sum fa}{n}\right)^2} = 4 \cdot \sqrt{\frac{141}{50} - \left(\frac{-3}{50}\right)^2} = 6,7 \text{ мм}$$

$$C_v = \frac{\sigma \cdot 100\%}{M} = \frac{6,7 \cdot 100\%}{48,3} = 13,9 \text{ \%} ;$$

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{6,7}{\sqrt{50}} = 0,95 \text{ мм} \cdot$$

4.4.4. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ОЗНАКАМИ (МАЛА ВИБІРКА)

4. Розрахувати коефіцієнт фенотипової кореляції (r) та регресії (R) між живою масою (x) і настригом вовни (y) у 10 овець за наступними даними:

x	70	71	72	74	75	70	80	85	75	80
y	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,0	8,5	8,0	7,0	7,5

Розв'язання:

<i>Вік (x)</i>	<i>Число поросят (y)</i>	<i>xy</i>	<i>x²</i>	<i>y²</i>
70	4,0	280	4900	16
71	4,5	319,5	5041	20,25
72	5,0	360	5184	25
74	5,5	407	5476	30,25
75	6,0	450	5625	36
70	6,0	420	4900	36
80	8,5	680	6400	72,25
85	8,0	680	7225	64
75	7,0	525	5625	49
80	7,5	600	6400	56,25
$\Sigma x=752$	$\Sigma y=62$	$\Sigma xy=4721,5$	$\Sigma x^2=56776$	$\Sigma y^2=405$

$$C_x = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} = 56776 - \frac{752^2}{10} = 226;$$

$$C_y = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} = 405 - \frac{62^2}{10} = 52,9;$$

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{C_x C_y}} = \frac{4721,5 - \frac{752 \times 62}{10}}{\sqrt{226 \times 20,6}} = +0,87;$$

$$R_{y/x} = \frac{\sum x \cdot y - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} = \frac{4721,5 - \frac{752 \times 62}{10}}{56776 - \frac{752^2}{10}} = 0,26 \text{ кг.}$$

Висновок: між живою масою овець та настригом вовни існує позитивний сильний зв'язок (+0,87). При збільшенні маси вівці на 1 кг настриг вовни збільшиться на 260 г.

4.4.5. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ОЗНАКАМИ

(ВЕЛИКА ВИБІРКА)

5. Розрахувати коефіцієнт фенотипової кореляції (r) та регресії (R) між висотою в холці (x) і живою масою (y) у 50 корів-первісток української чорно-рябої породи за наступними даними:

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
124	400	122	459	123	474	129	502	128	528
116	419	115	462	124	475	128	502	128	528
119	426	125	463	130	476	124	509	132	529
124	441	125	467	121	483	130	511	135	530
127	441	124	472	125	484	124	513	129	547
128	441	126	472	119	487	123	515	133	547
125	444	129	472	123	495	122	517	129	553
120	445	112	473	127	498	126	520	131	563
120	446	128	473	126	500	119	521	133	574
124	455	130	473	125	502	132	523	135	579

Розв'язання:

$$X_{\min}=112 \text{ см}; \quad X_{\max}=135 \text{ см}; \quad R=135-112=23; \quad K_x=23/6=3,83 \approx 4 \text{ см.}$$

$$Y_{\min}=400 \text{ кг}; \quad Y_{\max}=579 \text{ кг}; \quad R=579-400=179; \quad K_y=179/6=29,83 \approx 30 \text{ кг.}$$

Складається кореляційна решітка:

$x \backslash y$	112-115	116-119	120-123	124-127	128-131	132-135	f_y	a_y	$f_y a_y$	$f_y a_y^2$
550-579					2	2	4	+3	+12	36
520-549		1		1	3	4	9	+2	+18	36
490-519			3	5	3		11	+1	+11	11
460-489	2	1	2	6	4		15	0	0	0
430-459			3	4	1		8	-1	-8	8
400-429		2		1			3	-2	-6	12
f_x	2	4	8	17	13	6	50			
a_x	-3	-2	-1	0	+1	+2				
$f_x a_x$	-6	-8	-8	0	+13	+12				
$f_x a_x^2$	18	16	8	0	13	24				

$$\sum f_x a_x = 3; \quad \sum f_y a_y = 27; \quad \sum f_x a_x^2 = 79; \quad \sum f_y a_y^2 = 103.$$

Розрахунок $\sum f a_x a_y$:

1 квадрант	2 квадрант	3 квадрант	4 квадрант
$3(-1)(-1)=+3$	$1(-2)(+2)=-4$	$2(+1)(+3)=+6$	$1(+1)(-1)=-1$
$2(-2)(-2)=+8$	$3(-1)(+1)=-3$	$2(+2)(+3)=+12$	
		$3(+1)(+2)=+6$	
		$4(+2)(+2)=+16$	
		$3(+1)(+1)=+3$	
$\sum f a_x a_y = +11$	$\sum f a_x a_y = -7$	$\sum f a_x a_y = +43$	$\sum f a_x a_y = -1$

$\sum f a_x a_y$ по усій вибірці +46

$$b_x = \frac{\sum f_x a_x}{n} = \frac{3}{50} = 0,06; \quad b_y = \frac{\sum f_y a_y}{n} = \frac{27}{50} = 0,54;$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum f_x a_x^2}{n} - b_x^2} = \sqrt{\frac{79}{50} - (0,06)^2} = 1,26;$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum f_y a_y^2}{n} - b_y^2} = \sqrt{\frac{103}{50} - (0,54)^2} = 1,33;$$

$$r = \frac{\sum f a_x a_y - n b_x b_y}{n S_x S_y} = \frac{46 - 50 \cdot 0,06 \cdot 0,54}{50 \cdot 1,26 \cdot 1,33} = +0,53.$$

$$\sigma_x = K_x \cdot S_x = 4 \cdot 1,26 = 5,04;$$

$$\sigma_y = K_y \cdot S_y = 30 \cdot 1,33 = 39,9;$$

$$R_{y/x} = r \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x} = 0,53 \cdot \frac{39,9}{5,04} = 4,20 \text{ кг}.$$

Висновок: між висотою в холці корів-первісток та їх живою масою існує позитивний зв'язок середньої сили (+0,53). При збільшенні висоти в холці на 1 см жива маса збільшиться на 4,2 кг.

4.4.6. ВИЗНАЧЕННЯ ВіРОГІДНОСТІ РІЗНИЦІ МІЖ СЕРЕДНІМИ АРИФМЕТИЧНИМИ ДВОХ ВИБІРОК

6. Порівнюється вага дорослих індичок двох виведених селекціонерами популяцій північнокавказьких бронзових індиків після однакової відгодівлі. Отримані наступні показники:

$$n_1 = 20; \quad M \pm m = 8,0 \pm 0,3 \text{ кг};$$

$$n_2 = 25; \quad M \pm m = 6,7 \pm 0,2 \text{ кг}.$$

Чи вірогідна різниця між індичками різних популяцій?

Розв'язання:

$$t_d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} = \frac{8,0 - 6,7}{\sqrt{0,3^2 + 0,2^2}} = 3,61$$

$$v = n_1 + n_2 - 2 = 20 + 25 - 2 = 43; \quad t_{st} = (1,96 - 2,58 - 3,29);$$

Висновок: різниця вірогідна, $p = 0,999$.

4.4.7. ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ

7. Вивчити вплив різних доз біостимулятора на життєздатність поросят (визначається за приростом живої маси в кг за період досліджу). Для цього сформовано 5 груп по 5 голів у групі, на яких випробовувались різні дози препарату і отримано такі результати:

Доза біостимулятора	Приріст поросят, кг
Нульова (контроль)	2,1,3,1,2
Одинарна	3,6,4,3,2
Подвійна	4,7,5,9,6
Трьохкратна	8,6,9,7,8
Чотирьохкратна	4,6,5,4,3

Розв'язання:

V- приріст в кг	Градації					$l_x=5$
	1	2	3	4	5	
	2	3	4	8	4	
	1	6	7	6	6	
	3	4	5	9	5	
	1	3	9	7	4	
	2	2	6	8	3	
n	5	5	5	5	5	$\Sigma n=N=25$
ΣV	9	18	31	38	22	$\Sigma \Sigma V=118$
$(\Sigma V)^2$	81	324	961	1444	484	
$h_x=(\Sigma V)^2 : n$	16,2	64,8	192,2	288,8	96,8	$\Sigma h_x=658,8$
ΣV^2	19	74	207	294	102	$\Sigma \Sigma V^2=696$

$$H = \frac{(\Sigma \Sigma V)^2}{N} = 118^2/25 = 556,96;$$

Дисперсії: загальна $c_y = \Sigma \Sigma V^2 - H = 696 - 556,96 = 139,04;$

факторіальна $c_x = \Sigma h_x - H = 658,8 - 556,96 = 101,84;$

випадкова $c_z = \Sigma \Sigma V^2 - \Sigma h_x = 696 - 658,8 = 37,2.$

Перевірка: $c_y = c_x + c_z = 101,84 + 37,2 = 139,04.$

Число ступенів свободи: $v_x = l_x - 1 = 5 - 1 = 4, \quad v_z = N - l_x = 25 - 5 = 20.$

Варіанси: $\sigma_x^2 = \frac{c_x}{v_x} = 101,84/4 = 25,46; \quad \sigma_z^2 = \frac{c_z}{v_z} = 37,2/20 = 1,86;$

Частка впливу: $\eta_x^2 = \frac{c_x}{c_y} \cdot 100 = 101,84/139,04 \cdot 100 = 73,2 \%;$

Критерій достовірності Фішера: $F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_z^2} = 25,46/1,86 = 13,69.$

$F_{st}:$ $p=0,999 \quad 7,1$
 $p=0,99 \quad 4,4$
 $p=0,95 \quad 2,9$

Висновок: частка впливу біостимулятора у загальній сумі впливу усіх факторів, які визначають величину результативної ознаки, становить 73,2 %, $p=0,999.$

4.5. ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦІЙ

1. Розрахувати частоту (p) алеля A і частоту (q) алеля a у даній популяції: $AA = 36\%$, $Aa = 48\%$, $aa = 16\%$

Дано:	Розв'язання
$p^2 AA = 36\%$	1) Визначаємо частоту (p) алелю A :
$2pqAa = 48\%$	$pA = \sqrt{p^2 AA}$
$q^2 aa = 16\%$	$pA = \sqrt{36 / 100} = 0,6(60\%)$
$pA - ?$	2) Визначаємо частоту (q) алелю a :
$qa - ?$	$qa = 1 - 0,6 = 0,4(40\%)$

Відповідь: $pA=0,6$, $qa=0,4$.

2. Альбінізм у кукурудзи успадковується, як аутосомна рецесивна ознака. У деяких сортів кукурудзи рослини-альбіноси зустрічаються з частотою $25/10000$. Визначте частоту гена альбінізму у цих сортів, а також частоту генотипів (RR і Rr) з нормальним забарвленням.

Дано:	Розв'язання
R – ген нормального забарвлення кукурудзи	1) Визначаємо частоту (q) алеля r :
r – альбінізму кукурудзи	$qr = \sqrt{q^2 rr}$
$q^2 rr = 25 / 10000$	$qr = \sqrt{25 / 10000} = 5 / 100$
$qr - ?$	2) Визначаємо частоту (p) алелю R :
$p^2 RR - ?$	$pR = 1 - qr$
$2pqRR - ?$	$pR = 1 - 0,05 = 0,95$
	3) Визначаємо частоту генотипів з нормальним забарвленням
	$p^2 RR = 0,95^2 = 0,9025(90,25\%)$
	$2pqRr = 2 \times 0,95 \times 0,05 = 0,0950(9,5\%)$

Відповідь: частота гену альбінізму 5% , частота гомозигот за домінантною ознакою (RR) $90,25\%$ і гетерозигот $9,5\%$.

3. Популяція складається з 80% особин з генотипом AA і 20% з генотипом aa . Визначити у долях одиниці частоти генотипів AA , Aa і aa після встановлення рівноваги у популяції.

Дано:	Розв'язання.
Вихідна	1) Визначаємо частоту генів A і a :
популяція:	$pA = 0,8$ (вихідн.)
$\%AA = 80$	$qa = 0,2$ (вихідн.)
$\%aa = 20$	2) Після встановлення рівноваги у даній популяції
Кінцева	згідно з законом Харді-Вайнберга після першого
популяція:	схрещування встановиться така рівновага генотипів:
$p^2 AA - ?$	$p^2 AA + 2pqAa + q^2 aa = 1$
$2pqAa - ?$	$0,64AA + 0,32Aa + 0,04aa = 1$
$q^2 aa - ?$	

Відповідь: частоти генотипів AA , Aa і aa у даній популяції після встановлення рівноваги відповідно будуть 0,64, 0,32, 0,04.

4. У деякій державі кожний десятий чоловік – дальтонік. Скільки у цій державі людей, хворих дальтонізмом, коли населення держави 1млн., а кількість жінок і чоловіків однакове?

Дано:	Розв'язання.
A – ген нормального зору	1) Визначаємо частоту зустрічальності дальтонізму у чоловіків: так як альбінізм успадковується зчеплено із статтю, частота зустрічальності дальтонізму у чоловіків дорівнює частоті (q) алелю, який визначає цю ознаку, тобто
a – ген дальтонізму	$qa = 0,1 \times 500 \text{ тис.} = 50 \text{ тис.}$
X^A, X^a	2) Визначаємо частоту зустрічальності дальтонізму у жінок: у жінок частота зустрічальності дальтонізму буде складати q^2 , так як хворі жінки мають 2 алеля гену “ a ”, що контролює дальтонізм.
$n(\text{заг.}) = 1 \text{ млн}$	$q^2 aa = 0,1^2 = 0,01$
$X^a Y = \frac{1}{10}$	3) $n = \frac{50000 \times 0,01}{0,1} = 5 (\text{тис.})$ – хворих жінок
$\frac{n(\text{чол.})}{n(\text{хворих})} = \frac{n(\text{жінок})}{n(\text{хворих})} - ?$	4) Визначаємо загальну кількість хворих людей: $50 \text{ тис.} (\text{хв.чолов.}) + 5 \text{ тис.} (\text{хв.жін.}) = 55 \text{ тис.}$

Відповідь: в даній державі буде 55 тис. хворих людей на дальтонізм.

РОЗДІЛ 5. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Хто запропонував називати науку про спадковість і мінливість „генетикою”: а) Бетсон; б) Бовері; в) Вейсман; г) Гертвіг; д) Чистяков.

2. Хто відкрив непрямий поділ ядра: а) Бетсон; б) Бовері; в) Вейсман; г) Гертвіг; д) Чистяков.

3. Хто відкрив гаплоїдний набір хромосом в гаметах: а) Бетсон; б) Бовері; в) Вейсман; г) Гертвіг; д) Чистяков.

4. Ким запропонована гіпотеза „зародкової плазми”: а) Бетсон; б) Бовері; в) Вейсман; г) Гертвіг; д) Чистяков.

5. Хто вперше дослідив сингамію: а) Бетсон; б) Бовері; в) Вейсман; г) Гертвіг; д) Чистяков.

6. Коли наука про спадковість і мінливість названа „генетикою”: а) 1865 р.; б) 1874 р.; в) 1875 р.; г) 1900 р.; д) 1906 р.

7. У якому році вийшла відома робота Г. Менделя „Досліди над рослинними гібридами гороху”: а) 1865 р.; б) 1874 р.; в) 1875 р.; г) 1900 р. д) 1906 р.

8. Хто з вчених одержав першу гібридну (рекомбінантну) молекулу ДНК: а) Вавілов; б) Крік; в) Берг; г) Бріджес; д) Гершензон.

9. Хто є загально визнаним „батьком” генетики: а) Вейсман; б) Дарвін; в) Мендель; г) Морган; д) Чермак.

10. Хто відкрив однакову участь матері і батька у формуванні нащадків: а) Гуго де Фріз; б) Йогансен; в) Кельрейтер; г) Морган; д) Меллер.

11. Хто назвав матеріальні носії спадковості „генами”: а) Гуго де Фріз; б) Йогансен; в) Кельрейтер; г) Морган; д) Меллер.

12. Хто опрацював хромосомну теорію спадковості: а) Гуго де Фріз; б) Йогансен; в) Кельрейтер; г) Морган; д) Меллер.

13. Хто вперше отримав штучні мутації під дією променів Рентгена: а) Гуго де Фріз; б) Йогансен; в) Кельрейтер; г) Морган; д) Меллер.

14. Хто перший висунув теорію мутацій: а) Гуго де Фріз; б) Йогансен; в) Кельрейтер; г) Морган; д) Меллер.

15. Хто автор закону гомологічних рядів: а) Вавілов; б) Крік; в) Корнберг; г) Уотсон; д) Чермак.

16. Хто запропонував модель будови ДНК: а) Вавілов; б) Уотсон, Крік; в) Корнберг; г) Берг; д) Чермак.

17. Хто вперше синтезував ДНК у штучних умовах: а) Вавілов; б) Крік; в) Корнберг; г) Уотсон; д) Чермак.

18. Коли запропонована модель будови ДНК (подвійна спіраль): а) 1909 р.; б) 1925 р.; в) 1927 р.; г) 1946 р.; д) 1953 р.

19. Коли повторно були підтверджені закономірності успадкування ознак, відкриті Г. Менделем: а) 1865 р.; б) 1874 р.; в) 1875 р.; г) 1900 р.; д) 1906 р.

20. Коли матеріальні носії спадковості названі „генами”: а) 1909 р.; б) 1925 р.; в) 1927 р.; г) 1946 р.; д) 1953 р.

21. Схрещування особин з наступним вивченням потомства за ряд поколінь вивчає метод генетики: а) генетико-популяційний аналіз; б) гібридологічний аналіз; в) статистичний аналіз; г) феногенетичний аналіз; д) цитологічний аналіз.

22. Використання математичних методів для визначення мінливості, кореляцій і успадковуваності ознак вивчає метод генетики: а) генетико-популяційний аналіз; б) гібридологічний аналіз; в) статистичний аналіз; г) феногенетичний аналіз; д) цитологічний аналіз.

23. Реалізацію генетичного потенціалу в конкретних умовах зовнішнього середовища вивчає метод генетики: а) генетико-популяційний аналіз; б) гібридологічний аналіз; в) статистичний аналіз; г) феногенетичний аналіз; д) цитологічний аналіз.

24. Дослідження чисельності і будови хромосом вивчає метод генетики: а) генетико-популяційний аналіз; б) гібридологічний аналіз; в) статистичний аналіз; г) феногенетичний аналіз; д) цитологічний аналіз.

25. Аналіз результатів селекційно-генетичних досліджень та їх достовірність вивчає метод генетики: а) генетико-популяційний аналіз; б) гібридологічний аналіз; в) статистичний аналіз; г) феногенетичний аналіз; д) цитологічний аналіз.

26. Які роки є періодом становлення генетики як науки: а) 1900-1912 рр.; б) 1912-1925 рр.; в) 1925-1940 рр.; г) 1940-1953 рр.; д) 1953-1970 рр.

27. У який період опрацьована хромосомна теорії спадковості: а) 1900-1912 рр.; б) 1912-1925 рр.; в) 1925-1940 рр.; г) 1940-1953 рр.; д) 1953-1970 рр.

28. У який період створена теорія мутацій: а) 1900-1912 рр.; б) 1912-1925 рр.; в) 1925-1940 рр.; г) 1940-1953 рр.; д) 1953-1970 рр.

29. Які роки є періодом відкриття ролі ДНК як матеріального носія спадковості: а) 1900-1912 рр.; б) 1912-1925 рр.; в) 1925-1940 рр.; г) 1940-1953 рр.; д) 1953-1970 рр.

30. Які роки є періодом розвитку молекулярної генетики: а) 1900-1912 рр.; б) 1912-1925 рр.; в) 1925-1940 рр.; г) 1940-1953 рр.; д) 1953-1970 рр.

31. Кількість основних органодів клітин тваринних організмів: а) 3; б) 5; в) 7; г) 9; д) 11.

32. Синтез білка відбувається в : а) апараті Гольджі; б) ендоплазматичній сітці; в) лізосомах; г) мітохондріях; д) рибосомах.

33. Накопичення енергії для обмінних процесів у клітині відбувається в : а) апараті Гольджі; б) ендоплазматичній сітці; в) лізосомах; г) мітохондріях; д) рибосомах.

34. „Депо” поживних речовин у клітині є : а) апарат Гольджі; б) ендоплазматична сітка; в) лізосоми; г) мітохондрії; д) рибосоми.

35. Синтез жирів і вуглеводів відбувається в : а) апараті Гольджі; б) ендоплазматичній сітці; в) лізосомах; г) мітохондріях; д) рибосомах.

36. Травлення поживних речовин відбувається в : а) апараті Гольджі; б) ендоплазматичній сітці; в) лізосомах; г) мітохондріях; д) рибосомах.

37. Виділення відмерлих частин клітини здійснюється в : а) апараті Гольджі; б) ендоплазматичній сітці; в) лізосомах; г) мітохондріях; д) рибосомах.

38. Маса ядра до маси клітини складає, %: а) до 5; б) 5-15; в) 10-20; г) 15-25; д) 20-30.

39. Носіями спадковості є : а) хромосоми; б) пластиди; в) лізосоми; г) мітохондрії; д) рибосоми.

40. Речовина, з якої утворюються хромосоми, називається : а) білок; б) фосфоліпід; в) хроматин; г) лігнін; д) пігмент.

41. Кількість хромосом в соматичних клітинах свиней становить:
а) 40; б) 54; в) 60; г) 66; д) 82.

42. Кількість хромосом в соматичних клітинах овець становить:
а) 40; б) 54; в) 60; г) 66; д) 82.

43. Кількість хромосом в соматичних клітинах великої рогатої худоби становить: а) 40; б) 54; в) 60; г) 66; д) 82.

44. Кількість хромосом в соматичних клітинах коней становить:
а) 40; б) 54; в) 60; г) 66; д) 82.

45. Кількість хромосом в соматичних клітинах індиків становить:
а) 40; б) 54; в) 60; г) 66; д) 82.

46. Хромосомний набір організму називається: а) геном; б) генотип;
в) генофонд; г) каріотип; д) фенотип.

47. Парні хромосоми, які ідентичні за морфологічними ознаками і містять однаковий набір генів, називаються: а) аутосомними;
б) гомологічними; в) кросоверними; г) негомологічними; д) статевими.

48. Азотиста основа, яка відсутня в ДНК: а) аденін; б) гуанін;
в) тимін; г) урацил; д) цитозин.

49. Азотиста основа, яка відсутня в РНК: а) аденін; б) гуанін;
в) тимін; г) урацил; д) цитозин.

50. Азотиста основа, яка відсутня в антикодонах: а) аденін; б) гуанін;
в) тимін; г) урацил; д) цитозин.

51. Синтез ДНК (подвоєння кожної хромосоми) відбувається у фазі клітинного циклу: а) інтерфаза; б) профаза; в) метафаза; г) анафаза;
д) телофаза.

52. Розходження центріоль клітинного центру до протилежних полюсів клітини та утворення веретена поділу між ними відбувається у фазі мітозу: а) інтерфаза; б) профаза; в) метафаза; г) анафаза; д) телофаза.

53. Розчинення ядерної оболонки і вільне розміщення хромосом у цитоплазмі відбувається у фазі мітозу: а) інтерфаза; б) профаза;
в) метафаза; г) анафаза; д) телофаза.

54. Розміщення хромосом в екваторіальній площині веретена, утворення метафазної пластинки відбувається у фазі мітозу: а) інтерфаза;
б) профаза; в) метафаза; г) анафаза; д) телофаза.

55. Прикріплення хромосом центральною ділянкою (центромерою) до однієї з ниток веретена відбувається у фазі мітозу: а) інтерфаза; б) профаза; в) метафаза; г) анафаза; д) телофаза.

56. Хроматиди розходяться до протилежних полюсів у фазі мітозу: а) інтерфаза; б) профаза; в) метафаза; г) анафаза; д) телофаза.

57. Хромосоми в результаті руху набувають V-подібної форми у фазі мітозу: а) інтерфаза; б) профаза; в) метафаза; г) анафаза; д) телофаза.

58. Дочірні хромосоми (хроматиди) деспіралізуються (розкручуються) у фазі мітозу: а) інтерфаза; б) профаза; в) метафаза; г) анафаза; д) телофаза.

59. Формується ядерна оболонка у фазі мітозу: а) інтерфаза; б) профаза; в) метафаза; г) анафаза; д) телофаза.

60. Відтворюється характерна для інтерфази структура ядра у фазі мітозу: а) інтерфаза; б) профаза; в) метафаза; г) анафаза; д) телофаза.

61. У якій фазі мітозу відбувається цитокінез, тобто поділ цитоплазми: а) інтерфаза; б) профаза; в) метафаза; г) анафаза; д) телофаза.

62. У якій стадії профази першого мейозу відбувається конденсація хромосом, в результаті якої утворюється моновалент: а) лептонема; б) зигонема; в) пахінема; г) диплонема; д) діакінез.

63. У якій стадії профази першого мейозу дві гомологічні хромосоми кон'югують (зливаються), утворюючи бівалент: а) лептонема; б) зигонема; в) пахінема; г) диплонема; д) діакінез.

64. У якій стадії профази першого мейозу гомологічні хромосоми, що злилися, обмінюються ділянками-генами, тобто відбувається кросинговер: а) лептонема; б) зигонема; в) пахінема; г) диплонема; д) діакінез.

65. У якій стадії профази першого мейозу бівалент перетворюється в тетраду, яка складається з чотирьох хроматид: а) лептонема; б) зигонема; в) пахінема; г) диплонема; д) діакінез.

66. У якій стадії профази першого мейозу відбувається спіралізація, укорочення та ущільнення хромосом, формування веретена поділу: а) лептонема; б) зигонема; в) пахінема; г) диплонема; д) діакінез.

67. Сукупність генів, локалізованих в гаплоїдному наборі хромосом, називається: а) геном; б) генотип; в) генофонд; г) каріотип; д) фенотип.

68. Процес, внаслідок якого відбувається редукція кількості хромосом з диплоїдного до гаплоїдного набору, називається: а) мутація; б) модифікація; в) мейоз; г) мітоз; д) реплікація.

69. Процес попарного з'єднання гомологічних хромосом під час мейозу називається: а) кон'югація; б) модифікація; в) мейоз; г) мітоз; д) кросинговер.

70. Процес перехресту гомологічних хромосом і обмін генами під час мейозу називається: а) кон'югація; б) модифікація; в) мейоз; г) мітоз; д) кросинговер.

71. З якої стадії гаметогенезу чоловічі статеві клітини мають гаплоїдний набір хромосом: а) сперматогонії; б) сперматоцити 1-го порядку; в) сперматоцити 2-го порядку; г) сперматиди; д) спермії.

72. З якої стадії гаметогенезу жіночі статеві клітини набувають гаплоїдного набору хромосом: а) овогонії; б) овоцити 1-го порядку; в) овоцити 2-го порядку; д) яйцеклітина.

73. Скільки яйцеклітин в процесі овогенезу утворюється з одного овогонія: а) 1; б) 2; в) 3; г) 4; д) 5.

74. Скільки полярних тілець в процесі овогенезу утворюється з одного овогонія: а) 1; б) 2; в) 3; г) 4; д) 5.

75. Скільки спермій в процесі сперматогенезу утворюється з одного сперматогонія: а) 1; б) 2; в) 3; г) 4; д) 5.

76. Скільки хроматид входить до складу тетроди: а) 1; б) 2; в) 3; г) 4; д) 5.

77. Як називаються хромосоми, у яких центроміра розміщена посередині або близько біля середини: а) метацентричні; б) субметацентричні; в) акроцентричні; г) телоцентричні; д) супутничні.

78. Як називаються хромосоми з плечима різної довжини: а) метацентричні; б) субметацентричні; в) акроцентричні; г) телоцентричні; д) супутничні.

79. Як називаються хромосоми, у яких одне плече дуже мале: а) метацентричні; б) субметацентричні; в) акроцентричні; г) телоцентричні; д) супутничні.

80. Як називаються хромосоми, у яких центроміра розташована майже на самому кінці; а) метацентричні; б) субметацентричні; в) акроцентричні; г) телоцентричні; д) супутничі.

81. Яка амінокислота із 5 перерахованих кодується трьома кодонами: а) лейцин; б) метіонін; в) пролін; г) ізолейцин; д) триптофан.

82. Які амінокислоти із 5 перерахованих кодуються одним кодоном: а) лейцин; б) метіонін; в) пролін; г) ізолейцин; д) триптофан.

83. Який кодон виконує функцію стоп-сигналу в синтезі білкової молекули: а) УУЦ; б) УЦЦ; в) УЦГ; г) УАГ; д) УГУ.

84. Який кодон виконує функцію стоп-сигналу в синтезі білкової молекули: а) УУУ; б) УЦУ; в) УЦА; г) УАА; д) УГЦ.

85. Який кодон виконує функцію стоп-сигналу в синтезі білкової молекули: а) УГА; б) УАЦ; в) УЦГ; г) УЦА; д) УУА.

86. Яка характеристика генетичного коду не відповідає дійсності: а) триплетний; б) вироджений; в) спеціальний; г) колінеарний; д) фіксований.

87. Яка характеристика генетичного коду не відповідає дійсності: а) триплетний; б) вироджений; в) універсальний; г) колінеарний; д) динамічний.

88. Невірно зазначений антикодон: а) ТАГ; б) ААГ; в) ГГА; г) ЦУЦ; д) УУУ.

89. У геномі ссавців і людини нараховується тис. генів: а) 10-60; б) 20-70; в) 30-80; г) 40-90; д) 50-100.

90. Комплементарними азотистими основами в молекулі ДНК є: а) А і Ц; б) А і У; в) Г і Ц; г) Т і Г; д) Г і А.

91. Який запис фрагмента молекули ДНК є правильним: а) $\frac{AGC}{TCG}$; б) $\frac{AUU}{TAA}$; в) $\frac{TTU}{AAU}$; г) $\frac{AGC}{UCG}$; д) $\frac{GUU}{CAA}$.

92. Комплементарність молекули і-РНК молекулі ДНК правильно записана в таких прикладах: а) $\frac{AGC}{TCU}$; б) $\frac{AGC}{UCU}$; в) $\frac{ACU}{UGG}$; г) $\frac{AGT}{UTT}$; д) $\frac{AAT}{UUC}$.

93. Комплементарним фрагменту молекули ДНК „ АГЦ” є такий фрагмент і-РНК: а) ТЦГ; б) УЦГ; в) УАГ; г) ТУГ; д) ЦАТ.

94. Одиниця спадковості, ділянка молекули ДНК, яка контролює одну ознаку, називається: а) хромосома; б) цистрон; в) інтрон; г) екзон; д) ген.

95. Змістовна ділянка гену еукаріот, яка несе генетичну інформацію про синтез білка, називається: а) код; б) кодон; в) кодоген; г) екзон; д) інтрон.

96. Ділянка гена еукаріот, яка не містить генетичної інформації про синтез білка, називається: а) код; б) кодон; в) кодоген; г) екзон; д) інтрон.

97. Процес передачі інформації від ДНК до місця синтезу білка називається: а) редукція; б) трансляція; в) репродукція; г) реплікація; д) транскрипція.

98. Трійка нуклеотидів молекули і-РНК, яка детермінує амінокислоту, називається: а) триплет; б) цистрон; в) кодон; г) кодоген; д) антикодон.

99. Синтез молекули і-РНК на матриці ДНК називається: а) трансляція; б) транскрипція; в) кон'югація; г) редукція; д) репродукція.

100. Якщо комплементарний ланцюг ДНК має послідовність АТЦГ, то і-РНК буде мати таку послідовність: а) АУЦГ; б) АУГЦ; в) ТАГЦ; г) УАГЦ; д) УТГЦ.

101. Відома наукова праця Г. Менделя „Досліди над рослинними гібридами гороху” вперше була опублікована : а) в 1852 р.; б) в 1865 р.; в) в 1880 р.; г) в 1900 р.; д) в 1909 р.

102. Пріоритет у відкритті законів успадкування ознак належить: а) Бріджесу; б) Вільсону; в) Менделю; г) Моргану; д) Нільсону-Еле.

103. Для своїх досліджень Мендель використав таку кількість сортів гороху: а) 2; б) 12; в) 22; г) 32; д) 42.

104. Аналізуюче схрещування записано вірно у такому випадку: а) ♀АА х ♂аа; б) ♀АА х ♂Аа; в) ♀Аа х ♂аа; г) ♀аа х ♂АА; д) ♀Аа х ♂Аа.

105. Реципрокне пряме схрещування записано вірно у такому випадку: а) ♀АА х ♂аа; б) ♀АА х ♂Аа; в) ♀Аа х ♂аа; г) ♀аа х ♂АА; д) ♀Аа х ♂Аа.

106. Реципрокне зворотне схрещування записано вірно у такому випадку: а) ♀AA х ♂aa; б) ♀AA х ♂Aa; в) ♀Aa х ♂aa; г) ♀aa х ♂AA; д) ♀Aa х ♂Aa.

107. Метою аналізуючого схрещування є визначення: а) гетерозиготності матері; б) гетерозиготності батька; в) гомозиготності за рецесивним геном у генотипах вихідних батьківських форм; г) зчеплених зі статтю ознак; д) наявності в генотипах батьків летальних генів.

108. Метою реципрокних схрещувань є виявлення: а) гетерозиготності матері; б) гетерозиготності батька; в) гомозиготності за рецесивним геном у генотипах вихідних батьківських форм; г) зчеплених зі статтю ознак; д) наявності в генотипах батьків летальних генів.

109. Перше правило Менделя сформульовано на основі схрещування: а) ♀AA х ♂aa; б) ♀aa х ♂AA; в) ♀Aa х ♂Aa; г) ♀AABB х ♂aabb; д) ♀AaBb х ♂AaBb.

110. Друге правило Мендель сформулював на основі схрещування: а) ♀AA х ♂aa; б) ♀aa х ♂AA; в) ♀Aa х ♂Aa; г) ♀AABB х ♂aabb; д) ♀AaBb х ♂AaBb.

111. Третє правило Мендель сформулював на основі схрещування: а) ♀AA х ♂aa; б) ♀aa х ♂AA; в) ♀Aa х ♂Aa; г) ♀AABB х ♂aabb; д) ♀AaBb х ♂AaBb.

112. Перший закон Менделя – це закон : а) дискретності; б) одноманітності гібридів F₁; в) розщеплення гібридів F₂; г) чистоти гамет; д) незалежного успадкування ознак (генів).

113. Другий закон Менделя – це закон : а) дискретності; б) одноманітності гібридів F₁; в) розщеплення гібридів F₂; г) чистоти гамет; д) незалежного успадкування ознак (генів).

114. Третій закон Менделя – це закон : а) дискретності; б) одноманітності гібридів F₁; в) розщеплення гібридів F₂; г) чистоти гамет; д) незалежного успадкування ознак (генів).

115. Грубу вовну у овець визначає ген А, а тонку – а. Яку вовну будуть мати нащадки F₂, якщо їхні батьки були гетерозиготними: а) усі з грубою вовною; б) усі з тонкою вовною; в) співвідношення з грубою і тонкою 3 : 1; г) співвідношення з грубою і тонкою 1:1; д) співвідношення з грубою і тонкою 1 : 3.

116. У свиней біла масть домінує над чорною. Яке співвідношення поросят за мастю буде, якщо кнур білий гетерозиготний, а свиноматка чорної масті: а) всі поросята білі; б) всі поросята чорні; в) половина білих і половина чорних; г) співвідношення білих і чорних 3:1; д) співвідношення білих і чорних 1 : 3.

117. Які поєднання генотипів батьків дасть у першому поколінні однорідних за генотипом та фенотипом потомків: а) ♀AA x ♂Aa; б) ♀aa x ♂Aa; в) ♀Aa x ♂Aa; г) ♀Aa x ♂AA; д) ♀AA x ♂aa.

118. У гібридів F₁ від схрещування двох порід овець виявилось розщеплення за ознакою у співвідношенні 1 : 1. Якими були генотипи батьків: а) ♀AA x ♂Aa; б) ♀AA x ♂aa; в) ♀Aa x ♂Aa; г) ♀Aa x ♂aa; д) ♀aa x ♂aa.

119. У якому випадку при поєднанні генотипів батьків розщеплення за генотипом і фенотипом у гібридів F₁ буде 1 : 1: а) ♀AA x ♂AA; б) ♀aa x ♂AA; в) ♀Aa x ♂Aa; г) ♀Aa x ♂aa; д) ♀aa x ♂aa.

120. Безрогість великої рогатої худоби є домінантною ознакою по відношенню до рогатості. У якому випадку при поєднанні генотипів батьків усі телята будуть комолими гетерозиготними: а) ♀Pp x ♂Pp; б) ♀Pp x ♂pp; в) ♀pp x ♂PP; г) ♀PP x ♂PP; д) ♀pp x ♂pp.

121. У якому з наведених прикладів показаний генотип дигомозиготної особини: а) AABv; б) AaBv; в) AaBB; г) aaBv; д) aavv.

122. У якому з наведених прикладів показаний генотип дигетерозиготної особини: а) AABv; б) AaBv; в) AaBB; г) aaBv; д) aavv.

123. ♀Aa x ♂aa; г) ♀aa x ♂aa; д) ♀AA x ♂Aa.

124. Генотип, гени якого зчеплені, показаний у такому випадку: а) AaBv; б) Авaв; в) AABv; г) AaBB; д) AABV.

125. Співвідношення фенотипів в F₂ при дигібридному схрещуванні за Менделем: а) 12 : 4; б) 1 : 2 : 1; в) 9 : 3 : 4; г) 7 : 8 : 1; д) 9 : 3 : 3 : 1.

126. Скільки типів гамет утворюється у особини, гетерозиготної за однією парою генів: а) 2; б) 4; в) 8; г) 16; д) 32.

127. Скільки типів гамет утворюється у особини, гетерозиготної за двома парами генів: а) 2; б) 4; в) 8; г) 16; д) 32.

128. Скільки типів гамет утворюється у особини, гетерозиготної за трьома парами генів: а) 2; б) 4; в) 8; г) 16; д) 32.

129. Скільки типів гамет утворюється у особини, гетерозиготної за чотирма парами генів: а) 2; б) 4; в) 8; г) 16; д) 32.

130. Скільки типів гамет утворюється у особини, гетерозиготної за п'ятьма парами генів: а) 2; б) 4; в) 8; г) 16; д) 32.

131. Скільки генотипів утворюється в F_2 від батьків, які відрізняються за однією парою генів: а) 3; б) 9; в) 27; г) 81; д) 243.

132. Скільки генотипів утворюється в F_2 від батьків, які відрізняються за двома парами генів: а) 3; б) 9; в) 27; г) 81; д) 243.

133. Скільки генотипів утворюється в F_2 від батьків, які відрізняються за трьома парами генів: а) 3; б) 9; в) 27; г) 81; д) 243.

134. Скільки генотипів утворюється в F_2 від батьків, які відрізняються за чотирма парами генів: а) 3; б) 9; в) 27; г) 81; д) 243.

135. Скільки генотипів утворюється в F_2 від батьків, які відрізняються за п'ятьма парами генів: а) 3; б) 9; в) 27; г) 81; д) 243.

136. Скільки фенотипів утворюється в F_2 від батьків, які відрізняються за однією парою генів: а) 2; б) 4; в) 8; г) 16; д) 32.

137. Скільки фенотипів утворюється в F_2 від батьків, які відрізняються за двома парами генів: а) 2; б) 4; в) 8; г) 16; д) 32.

138. Скільки фенотипів утворюється в F_2 від батьків, які відрізняються за трьома парами генів: а) 2; б) 4; в) 8; г) 16; д) 32.

139. Скільки фенотипів утворюється в F_2 від батьків, які відрізняються за чотирма парами генів: а) 2; б) 4; в) 8; г) 16; д) 32.

140. Скільки фенотипів утворюється в F_2 від батьків, які відрізняються за п'ятьма парами генів: а) 2; б) 4; в) 8; г) 16; д) 32.

141. У якому випадку вірно перераховані типи взаємодії алельних генів: а) епістаз, кодомінування, неповне домінування; б) новоутворення, епістаз, полімерія; в) плейотропія, полімерія, повне домінування; г) гени-модифікатори, новоутворення, кодомінування; д) кодомінування, неповне домінування, повне домінування.

142. Повне домінування відображає формула: а) $AA=Aa$; б) $AA=2Aa$; в) $AA>Aa>(AA+aa) : 2$; г) $Aa=(AA+aa) : 2$; д) $Aa>AA>aa$.

143. Проміжне успадкування відображає формула: а) $AA=Aa$; б) $AA=2Aa$; в) $AA>Aa>(AA+aa) : 2$; г) $Aa=(AA+aa) : 2$; д) $Aa>AA>aa$.

144. Неповне домінування відображає формула: а) $AA=Aa$; б) $AA=2Aa$; в) $AA>Aa>(AA+aa) : 2$; г) $Aa=(AA+aa) : 2$; д) $Aa>AA>aa$.

145. Наддомінування відображає формула: а) $AA=Aa$; б) $AA=2Aa$; в) $AA>Aa>(AA+aa) : 2$; г) $Aa=(AA+aa) : 2$; д) $Aa>AA>aa$.

146. У якому з перерахованих випадків ген однієї пари підсилює або послаблює дію гену іншої пари: а) плейотропія; б) гени-модифікатори; в) епістаз; г) новоутворення; д) полімерія.

147. Яка форма взаємодії генів спостерігається при успадкуванні груп крові людини і тварин: а) кодомінування; б) повне домінування; в) неповне домінування; г) наддомінування; д) плейотропія.

148. Як називається випадок, коли один ген впливає на прояв декількох ознак: а) епістаз; б) множинний алелізм; в) плейотропія; г) гени-модифікатори; д) комплементарна взаємодія генів.

149. Як називається тип взаємодії генів, коли алель однієї пари подавляє дію алеля іншої пари: а) повне домінування; б) комплементарність; в) новоутворення; г) епістаз; д) плейотропія.

150. Два або більше неалельних генів, дія яких необхідна для формування певної ознаки організму, називаються: а) кодомінантними; б) комплементарними; в) плейотропними; г) рецесивними; д) епістатичними.

151. Чисельність летальних генів у великої рогатої худоби: а) 10; б) 15; в) 18; г) 45; д) 46.

152. Чисельність летальних генів у коней: а) 10; б) 15; в) 18; г) 45; д) 46.

153. Чисельність летальних генів у свиней: а) 10; б) 15; в) 18; г) 45; д) 46.

154. Чисельність летальних генів у овець: а) 10; б) 15; в) 18; г) 45; д) 46.

155. Чисельність летальних генів у курей: а) 10; б) 15; в) 18; г) 45; д) 46.

156. Вивикнення нових ознак, відсутніх у батьків, спричиняє взаємодія генів: а) кодомінування; б) модифікація; в) новоутворення; г) плейотропія; д) полімерія.

157. Посилення дії основного гена спостерігається при взаємодії генів: а) кодомінування; б) модифікація; в) новоутворення; г) плейотропія; д) полімерія.

158. Ознаки обох батьків зберігаються при взаємодії генів: а) кодомінування; б) модифікація; в) новоутворення; г) плейотропія; д) полімерія.

159. Адитивне успадкування ознаки спричиняє взаємодія генів: а) кодомінування; б) модифікація; в) новоутворення; г) плейотропія; д) полімерія.

160. Домінантний алель сірої масті коней (W) зумовлює епістатичну дію, а його рецесивна форма дає можливість проявлятися вороній (домінантний алель B) та гнідій (рецесивний алель b) мастям. У якому випадку нащадки успадкують гніду масть: а) BBWw; б) bbWw; в) Bbww; г) BbWw; д) bbww.

161. Яке співвідношення фенотипів в F₂ спостерігається при взаємодії неалельних генів „новоутворення”: а) 9 : 3 : 3 : 1; б) 9 : 7; в) 12 : 3 : 1; г) 9 : 3 : 4; д) 1 : 4 : 6 : 4 : 1.

162. Яке співвідношення фенотипів в F₂ спостерігається при взаємодії неалельних генів „комплементарність”: а) 9 : 3 : 3 : 1; б) 9 : 7; в) 12 : 3 : 1; г) 9 : 3 : 4; д) 1 : 4 : 6 : 4 : 1.

163. Яке співвідношення фенотипів в F₂ спостерігається при взаємодії неалельних генів „домінантний епістаз”: а) 9 : 3 : 3 : 1; б) 9 : 7; в) 12 : 3 : 1; г) 9 : 3 : 4; д) 1 : 4 : 6 : 4 : 1.

164. Яке співвідношення фенотипів в F₂ спостерігається при взаємодії неалельних генів „рецесивний епістаз”: а) 9 : 3 : 3 : 1; б) 9 : 7; в) 12 : 3 : 1; г) 9 : 3 : 4; д) 1 : 4 : 6 : 4 : 1.

165. Яке співвідношення фенотипів в F₂ спостерігається при взаємодії неалельних генів „полімерія кумулятивна”: а) 9 : 3 : 3 : 1; б) 9 : 7; в) 12 : 3 : 1; г) 9 : 3 : 4; д) 1 : 4 : 6 : 4 : 1.

166. Якщо каріотип великої рогатої худоби становить 30 пар хромосом, то скільки груп зчеплення генів може бути у цього виду тварин: а) 60; б) 30; в) 15; г) 120; д) 2.

167. В яких випадках записані генотипи зі зчепленими генами: а) AABV; б) ABAB; в) AaBv; г) Авав; д) aавв.

168. В яких випадках записані генотипи зі зчепленими генами:
а) $\frac{A}{A} \frac{B}{B}$; б) $\frac{AB}{AB}$; в) $\frac{A}{a} \frac{B}{b}$; г) $\frac{Ab}{ab}$; д) $\frac{a}{a} \frac{b}{b}$.

169. Співвідношення за фенотипом в F_2 при повному зчепленні двох генів: а) 1 : 2 : 1; б) 2 : 2; в) 1 : 1 : 1 : 1; г) 1 : 3; д) 3 : 1.

170. Співвідношення за фенотипом в F_2 при повному зчепленні трьох генів: а) 1 : 2 : 1; б) 2 : 2; в) 1 : 1 : 1 : 1; г) 1 : 3; д) 3 : 1.

171. Співвідношення за генотипом в F_2 при повному зчепленні двох генів: а) 1 : 2 : 1; б) 2 : 2; в) 1 : 1 : 1 : 1; г) 1 : 3; д) 3 : 1.

172. Співвідношення за генотипом в F_2 при повному зчепленні трьох генів: а) 1 : 2 : 1; б) 2 : 2; в) 1 : 1 : 1 : 1; г) 1 : 3; д) 3 : 1.

173. Причина неповного зчеплення генів в хромосомі: а) кон'югація хромосом; б) зближення хромосом; в) міграція генів; г) перехрест хромосом; д) мутація.

174. Основний метод визначення зчеплення генів: а) мікроскопія; б) цитологічні дослідження; в) аналізуюче схрещування; г) феногенетичний аналіз; д) гемоліз.

175. Співвідношення фенотипів в F_2 при незалежному успадкуванні двох генів за результатами аналізуючого схрещування: а) 1 : 2 : 1; б) 3 : 1; в) 2 : 2; г) 1 : 1 : 1 : 1; д) 1 : 3.

176. При схрещуванні дигетерозиготної самки дрозофіли (АВав) з гомозиготним рецесивним самцем (аавв) отримано 320 нащадків з характерною комбінацією ознак батьків та 80 нащадків з рекомбінантним поєднанням (кросовери). Яка відстань між зчепленими генами А і В: а) 10%; б) 20%; в) 30%; г) 2%; д) 32%.

177. Гени А, В, С знаходяться від кінця хромосоми відповідно на відстані 15,3; 20,4; 11,4 морганіди. В якому прикладі записана правильно їх послідовність у хромосомі: а) АВС; б) СВА; в) АСВ; г) САВ; д) ВСА.

178. Якщо віддаль між генами А і В, які знаходяться в одній хромосомі, становить 12%, то скільки буде кросоверних особин із 100 нащадків: а) 3; б) 30; в) 48; г) 12; д) 92.

179. Одиниця вимірювання відстані між генами називається: а) рекон; б) інтрон; в) екзон; г) кодон; д) морганіда.

180. Скільки груп зчеплення ознак (генів) у великої рогатої худоби:
а) 19; б) 27; в) 30; г) 33; д) 39.

181. Скільки груп зчеплення ознак (генів) у вівці: а) 19; б) 27;
в) 30; г) 33; д) 39.

182. Скільки груп зчеплення ознак (генів) у свині: а) 19; б) 27;
в) 30; г) 33; д) 39.

183. Скільки груп зчеплення ознак (генів) у коня: а) 19; б) 27;
в) 30; г) 33; д) 39.

184. Скільки груп зчеплення ознак (генів) може бути у курки: а) 19;
б) 27; в) 30; г) 33; д) 39.

185. В якій послідовності розташовані зчеплені гени А, В, С в хромосомі, коли між генами А і В виникає 2,6%, В і С – 1,45%, А і С – 1,15% кросинговеру: а) ABC; б) ACB; в) BAC; г) BCA; д) CAB.

186. Якщо віддаль між генами А і В складає 12 морганід, то скільки кросоверних особин буде у нащадків чисельністю 200 голів від схрещування особин АВАв та авав: а) 6; б) 12; в) 18; г) 24; д) 30.

187. Хто відкрив явище зчепленого зі статтю успадкування ознак:
а) Бріджес; б) Вільсон; в) Кляйнфельтер; г) Морган; д) Тернер.

188. За прогамним типом визначається (формується) стать особин у таких таксонів: а) коловертки, тля; б) ссавці, птахи; в) риби; г) бджоли; д) морський черв'як бонелія.

189. За сингамним типом визначається (формується) стать особин у таких таксонів: а) коловертки; б) ссавці, птахи; в) тля; г) бджоли; д) морський черв'як бонелія.

190. За епігамним типом визначається (формується) стать особин у таких таксонів: а) коловертки, тля; б) ссавці, птахи; в) риби; г) бджоли; д) морський черв'як бонелія.

191. У дрозофіли відомі випадки появи інтерсексів. Який хромосомний комплекс це зумовлює: а) $3X+3A$; б) $2X+2A$; в) $XXY+2A$; г) $2X+3A$; д) $X+2A$.

192. У курей каріотип становить 78 хромосом. В якому прикладі правильно записаний каріотип півня: а) $76+XX$; б) $76+XY$; в) $76+ZW$; г) $76+ZZ$; д) $76+WW$.

193. Який хромосомний комплекс має синдром Клайнфельтера:
а) ХХУ+2А; б) ХХУ+3А; в) Х0+3А; г) ХУ+2А; д) ХХ+2А.

194. Який хромосомний комплекс має Синдром Шершевського-Тернера: а) Х0+2А; б) Х+3А; в) ХХ+2А; г) ХХ+3А; д) ХХХ+2А.

195. Скільки типів гамет дасть гемізіготна особина за геном А: а) 1; б) 2; в) 3; г) 4; д) 5.

196. Стать, яка має однаковий набір статевих хромосом та утворює за цими хромосомами один тип гамет, називається гомозиготною; б) гетерозиготною; в) гомогаметною; г) гетерогаметною; д) інтерсексом.

197. Стать, яка має різні статеві хромосоми та утворює за цими хромосомами два типи гамет, називається гомозиготною; б) гетерозиготною; в) гомогаметною; г) гетерогаметною; д) інтерсексом.

198. Кількість аутосом у трутня бджоли: а) 10; б) 12; в) 14; г) 16; д) 18.

199. Кількість аутосом у робочої бджоли: а) 26; б) 28; в) 30; г) 32; д) 34.

200. Кількість аутосом у бджоли-матки: а) 26; б) 28; в) 30; г) 32; д) 34.

201. Який з перерахованих видів мінливості не визначається генотипом: а) комбінативна; б) модифікаційна; в) фенотипова; г) мутаційна; д) рекомбінативна.

202. Темін „мутація” був введений в генетику: а) Вейсманом; б) Гуго де Фрізом; в) Меллером; г) Надсоном; д) Стадлером.

203. Мутації, що призводять до зміни кількості хромосом, називаються: а) генні; б) геномні; в) хромосомні; г) морфологічні; д) соматичні.

204. Які з перерахованих мутацій не успадковуються нащадками: а) соматичні; б) хромосомні; в) точкові; г) домінантні; д) рецесивні.

205. Генні мутації виникають в результаті (зазначити неправильну відповідь): а) укорочення матричного ланцюга ДНК; б) випадання однієї нуклеотидної пари молекули ДНК; в) вставка нуклеотидних пар у молекулу ДНК; г) випадання нуклеотидних пар у молекулі ДНК; д) заміна одного нуклеотида іншим у молекулі ДНК.

206. Хромосомні мутації відбуваються: а) шляхом збільшення кількості хромосом; б) шляхом збільшення кратності повного набору хромосом; в) внаслідок виникнення аберації; г) шляхом виникнення гаплідних організмів; д) в результаті випадання в ДНК нуклеотидних пар.

207. Мутації, які викликають зміну генів, називаються: а) генеративними; б) генними; в) домінантними; г) морфологічними; д) спонтанними.

208. Мутації, які проявляються в гетерозиготах, називаються: а) генеративними; б) генними; в) домінантними; г) морфологічними; д) спонтанними.

209. Мутації за можливістю успадкування називаються: а) генеративними; б) генними; в) домінантними; г) морфологічними; д) спонтанними.

210. Мутації за можливістю прояву у фенотипі називаються: а) генеративними; б) генними; в) домінантними; г) морфологічними; д) спонтанними.

211. Мутації залежно від причини виникнення називаються: а) генеративними; б) генними; в) домінантними; г) морфологічними; д) спонтанними.

212. Мутації, які змінюють кількість хромосом, називаються: а) геномними; б) індукованими; в) летальними; г) рецесивними; д) соматичними.

213. Мутації, які не проявляються в гетерозиготах, називаються: а) геномними; б) індукованими; в) летальними; г) рецесивними; д) соматичними.

214. Мутації за неможливістю успадкування називаються: а) геномними; б) індукованими; в) летальними; г) рецесивними; д) соматичними.

215. Мутації за можливістю прояву у фенотипі називаються: а) геномними; б) індукованими; в) летальними; г) рецесивними; д) соматичними.

216. Мутації залежно від причини виникнення називаються: а) геномними; б) індукованими; в) летальними; г) рецесивними; д) соматичними.

217. Анеуплоїдія виникає в результаті (назвати неправильну відповідь): а) відсутності кон'югації гомологічних хромосом; б) відсутності розділення хромосом на хроматиди; в) збільшення кількості повних хромосомних наборів; г) нерозходження гомологічних хромосом; д) сумарній дії всіх зазначених причин.

218. До гамет, які обумовлюють анеуплоїдію, відносяться: а) $n+1$, $n-1$; б) $n+2$, $n-2$; в) n ; г) $2n$; д) немає таких гамет.

219. Який термін стосовно утворених особин не відносяться до анеуплоїдії: а) моносомік; б) нулісомік; в) тетрасомік; г) триплоїд; д) трисомік.

220. Яка із зазначених форм генотипів зумовлена мутацією і низивається „нулісоміком”: а) $2n-2$; б) $2n-1$; в) $2n$; г) $2n+1$; д) $2n+2$.

221. Яка із зазначених форм генотипів зумовлена мутацією і низивається „моносоміком”: а) $2n-2$; б) $2n-1$; в) $2n$; г) $2n+1$; д) $2n+2$.

222. Яка із зазначених форм генотипів зумовлена мутацією і низивається „трисоміком”: а) $2n-2$; б) $2n-1$; в) $2n$; г) $2n+1$; д) $2n+2$.

223. Яка із зазначених форм генотипів зумовлена мутацією і низивається „тетрасоміком”: а) $2n-2$; б) $2n-1$; в) $2n$; г) $2n+1$; д) $2n+2$.

224. Який набір хромосом має синдром Дауна: а) $2n-2$; б) $2n-1$; в) $2n$; г) $2n+1$; д) $2n+2$.

225. Поліплоїдією називається: а) збільшення кількості хромосом; б) збільшення кількості повних хромосомних наборів у порівнянні з нормою; в) зменшення кількості хромосом; г) зменшення кількості хромосомних наборів у порівнянні з нормою; д) одночасне збільшення хромосомних наборів і кількості хромосом.

226. Які мутації не відносяться до поліплоїдії: а) аутополіплоїдія; б) гаплоїдія; в) аллополіплоїдія; г) анеуплоїдія; д) тетраплоїдія.

227. Фенотипові зміни організму, викликані факторами зовнішнього середовища і не пов'язані із змінами генотипу, називаються: а) мутацією; б) комбінативною мінливістю; в) модифікацією; г) корелятивною мінливістю; д) індивідуальною мінливістю.

228. До якого типу мутацій відноситься інверсія: а) аутополіплоїдія; б) геномна мутація; в) генна мутація; г) спонтанна мутація; д) хромосомна аберація.

229. Вставка в хромосому невеликих фрагментів з кількома генами називається: а) транслокація; б) дуплікація; в) дефішенс; г) делеція; д) інсерція.

230. Транслокація це: а) втрата хромосомою будь-якої ділянки; б) розрив хромосоми в декількох місцях; в) обмін ділянками між гомологічними хромосомами; г) „вирізання” і „вбудовування” в попереднє місце перевернутої ділянки хромосоми; д) обмін ділянками між негомологічними хромосомами.

231. Групи крові успадковуються по типу: а) адитивності; б) кодомінування; в) комплементарності; г) модифікаторної дії генів; д) повного домінування.

232. У великої рогатої худоби нараховується така кількість систем груп крові: а) 10; б) 12; в) 14; г) 16; д) 17.

233. У коней нараховується така кількість систем груп крові: а) 10; б) 12; в) 14; г) 16; д) 17.

234. У курей нараховується така кількість систем груп крові: а) 10; б) 12; в) 14; г) 16; д) 17.

235. У овець нараховується така кількість систем груп крові: а) 10; б) 12; в) 14; г) 16; д) 17.

236. У свиней нараховується така кількість систем груп крові: а) 10; б) 12; в) 14; г) 16; д) 17.

237. У великої рогатої худоби нараховується така кількість антигенів: а) 20; б) 41; в) 47; г) 83; д) понад 100.

238. У коней нараховується така кількість антигенів: а) 20; б) 41; в) 47; г) 83; д) понад 100.

239. У курей нараховується така кількість антигенів: а) 20; б) 41; в) 47; г) 83; д) понад 100.

240. У овець нараховується така кількість антигенів: а) 20; б) 41; в) 47; г) 83; д) понад 100.

241. У свиней нараховується така кількість антигенів: а) 20; б) 41; в) 47; г) 83; д) понад 100.

242. Якщо в генетичній системі груп крові є більше 3-х алелів, то вона називається: а) гемізиготною; б) гетерохромосомною; в) полімерною; г) поліалельною; д) трансгенною.

243. Реакція руйнування строми еритроцитів, що застосовується при визначенні наявності антигенів, називається: а) аглютинація; б) гемоліз; в) делеція; г) сингамія; д) мозаїка.

244. Реакція склеювання еритроцитів, що застосовується при проведенні імуногенетичних досліджень, називається: а) аглютинація; б) гемоліз; в) делеція; г) сингамія; д) мозаїка.

245. Сполучення кровоносних судин близнюків-ембріонів, що призводить до мозаїки еритроцитів, називається: а) плазмоліз; б) анастомоз; в) атрезія; г) гемоліз; д) гіпоплазія.

246. В якому випадку наведена найінтенсивніша реакція гемолізу еритроцитів: а) 1; б) 2; в) +; г) 3; д) 4.

247. Кількість поліморфних локусів білків і ферментів у великої рогатої худоби: а) 15; б) 26; в) 27; г) 29; д) 56.

248. Кількість поліморфних локусів білків і ферментів у коней: а) 15; б) 26; в) 27; г) 29; д) 56.

249. Кількість поліморфних локусів білків і ферментів у свиней: а) 15; б) 26; в) 27; г) 29; д) 56.

250. Кількість поліморфних локусів білків і ферментів у овець: а) 15; б) 26; в) 27; г) 29; д) 56.

251. Кількість поліморфних локусів білків і ферментів у курей: а) 15; б) 26; в) 27; г) 29; д) 56.

252. Зазначити коротке позначення лужної фосфатази: а) Alb; б) Hp; в) Pr; г) Hb д) k-Cn.

253. Зазначити коротке позначення гемоглобіну: а) Alb; б) Hp; в) Pr; г) Hb д) k-Cn.

254. Зазначити коротке позначення трансферину: а) Pa; б) Tf; в) Cr; г) Ca д) α -Cn.

255. Зазначити коротке позначення церулоплазміну: а) Pa; б) Tf; в) Cr; г) Ca д) α -Cn.

256. Зазначити коротке позначення карбоангідрази: а) Pa; б) Tf; в) Cr; г) Ca д) α -Cn.

257. Біохімічний поліморфізм білків і ферментів вивчають (зазначити невірну відповідь): а) для уточнення походження тварин; б) для підбору гетерозиготних батьків; в) для визначення зиготності близнюків; г) для визначення зв'язку між ознаками; д) як генетичні маркери при селекції тварин.

258. Об'єктом біометрії є: а) варіююча ознака; б) варіаційна статистика; в) група живих організмів; г) група членів певної популяції; д) математична статистика.

259. До великих вибірових сукупностей відносяться групи тварин чисельністю: а) 15-19; б) 20-24; в) 25-29; г) 30 і більше; д) 50 і більше.

260. Значення окремої варіюючої ознаки позначається символом: а) b ; б) V , x ; в) p , q ; г) n ; д) y .

261. У межах ліміту при нормальному розподілі знаходяться: а) 2σ ; б) 3σ ; в) 4σ ; г) 5σ ; д) 6σ .

262. Частота варіант в межах класу варіаційного ряду позначається літерою: а) b ; б) h ; в) c ; г) f ; д) n .

263. Щоб обчислити наближене значення σ , ліміт ділять на: а) 2; б) 4; в) 6; г) 8; д) 10.

264. Середньоарифметичну варіаційного ряду позначають літерами: а) A ; б) G ; в) H ; г) M ; д) S .

265. У межах $M \pm 3\sigma$ знаходиться варіант, %: а) 50; б) 70; в) 85; г) 99,7; д) 100.

266. Явище трансгресії – це: а) часткове „накладання” двох варіаційних кривих; б) роздвоєння вершини варіаційної кривої; в) зсув варіаційної кривої праворуч; г) зсув варіаційної кривої ліворуч; д) зображення варіаційної кривої у вигляді „дзвона”.

267. Крива нормального розподілу – це: а) часткове „накладання” двох варіаційних кривих; б) роздвоєння вершини варіаційної кривої; в) зсув варіаційної кривої праворуч; г) зсув варіаційної кривої ліворуч; д) зображення варіаційної кривої у вигляді «дзвона».

268. Асиметричний розподіл – це: а) часткове „накладання” двох варіаційних кривих; б) роздвоєння вершини варіаційної кривої; в) зсув варіаційної кривої праворуч або ліворуч; г) двохвершинна крива; д) зображення варіаційної кривої у вигляді „дзвона”.

269. При об'ємі вибірки від 30 до 60 варіант рекомендують таку кількість класів варіаційного ряду: а) 6-8; б) 7-10; в) 9-12; г) 12-17; д) більше 18.

270. При об'ємі вибірки 61-100 варіант рекомендують таку кількість класів варіаційного ряду: а) 6-8; б) 7-10; в) 9-12; г) 12-17; д) більше 18.

271. При об'ємі вибірки від 101 і більше варіант рекомендують таку кількість класів варіаційного ряду: а) 6-8; б) 7-10; в) 9-12; г) 12-17; д) більше 18.

272. Коефіцієнт мінливості позначається символом: а) v ; б) lim ; в) σ ; г) Cv ; д) t .

273. Середнє квадратичне відхилення позначається символом: а) v ; б) lim ; в) σ ; г) Cv ; д) t .

274. У біометрії розрізняють якісні і кількісні ознаки. Яка з наведених ознак не відноситься до якісних: а) надій молока у корови; б) агресивність нутрій; в) масть у свиней; г) швидкість оперення курей; д) форма гребеня у курей.

275. У біометрії розрізняють якісні і кількісні ознаки. Яка з наведених ознак не відноситься до кількісних: а) надій молока у корови; б) жива маса коней; в) плодючість свиноматок; г) яйценоскість курей; д) забарвлення хутра нутрій.

276. Які значення може приймати коефіцієнт кореляції: а) від 0 до +1; б) від -1 до +1; в) від 0 до 5; г) від 5 до 10; д) від 10 до 20.

277. При якому значенні коефіцієнта кореляції (r) взаємозв'язок між ознаками найсильніший: а) +0,7; б) -0,6; в) +0,1; г) -0,2; д) +0,5.

278. В якому випадку найбільш висока вірогідність отриманих результатів: а) при $P > 0,05$; б) при $P < 0,05$; в) при $P < 0,01$; г) при $P < 0,001$; д) при $P = 0$.

279. При якому значенні коефіцієнта варіації група особин характеризується найбільшою стабільністю: а) 10,5%; б) 7,5%; в) 5,0%; г) 16,5%; д) 20,0%.

280. Генофонд популяцій визначається: а) ареалом; б) певною концентрацією алелів і генів в популяції; в) співвідношенням між генотипами; г) співвідношенням між фенотипами; г) сукупністю всіх генів і алелів в популяції.

281. Генетична структура популяції визначається: а) ареалом; б) певною концентрацією алелів і генів в популяції; в) співвідношенням між генотипами; г) співвідношенням між фенотипами; г) сукупністю всіх генів і алелів в популяції.

282. Поняття „панміксія” означає: а) вільне схрещування; б) лідерство окремих тварин; в) надмірна чисельність популяції; г) перевага над гібридами першого покоління; д) схрещування споріднених тварин.

283. До популяції с.-г. тварин відноситься група особин, яка належить до (зазначити невірну відповідь): а) одного внутрішньопородного типу; б) однієї породи; в) одного стада; г) однієї лінії; д) певної групи стад.

284. Основними методами популяційної генетики є (зазначити невірну відповідь): а) генетичного аналізу; б) еколого-фізіологічний; в) математичного аналізу; г) онтогенетичний; д) цитологічного аналізу.

285. Фактори, які виводять популяцію з рівноваги (назвати невірну відповідь): а) відбір; б) ізоляція; в) міграція; г) мутації; д) неவிபадкове схрещування.

286. Дрейф генів – це зміна частоти генів в популяції, яка виникає під дією: а) випадкового переміщення генів; б) ізоляції; в) міграції; г) природного відбору; д) штучного відбору.

287. Генетичний вантаж – це: а) домінантні алелі в складі гомозигот; б) несприятливі рецесивні алелі в складі гетерозигот; в) сукупність алелів в популяції; г) сукупність генотипів в популяції; д) хромосомні аберації, що спричиняють аномалії і загибель особин.

288. Міграція генів відбувається шляхом (зазначити неправильну відповідь): а) вибраковки гірших тварин; б) ізолюваного розведення популяції; в) імпорту племінного молодняка; г) пересадки ембріонів поліпшуючої породи; д) „перетасовки„ генів в популяції.

289. Інбридинг – це парування тварин, які (назвати неправильну відповідь): а) відносяться до однієї породи; б) вирощені в однакових екологічних умовах; в) мають декількох спільних предків; г) мають спільного предка; д) належать до різних ліній.

290. Наслідки інбридингу (назвати неправильну відповідь):
а) збільшення частоти аномальних тварин; б) зниження життєздатності;
в) зниження частоти гетерозигот; г) підвищення частоти гомозигот;
д) покращення плодючості потомків.

291. Популяція дикого виду тварин відрізняється від популяції с.-г. тварин за: а) ареалом; б) відсутністю природного відбору; в) дрейфом генів; г) кількістю особин популяції; д) принципами відтворення погелів'я.

292. Наслідки гетерозису (назвати невірну відповідь): а) зниження мінливості ознак; б) зниження витрат корму на одиницю продукції; в) підвищення ембріональної смертності; г) підвищення постембріональної життєздатності; д) підвищення продуктивності.

293. Види штучного відбору (назвати неправильну відповідь):
а) дизруптивний; б) корегуючий; в) спрямований; г) стабілізуючий;
д) цілеспрямований.

294. Цілковита нерухомість суглобів називається: а) анкілоз;
б) гідроцефалія; в) гіперемія; г) крипторхізм; д) скрепі.

295. Водянка головного мозку називається: а) анкілоз;
б) гідроцефалія; в) гіперемія; г) крипторхізм; д) скрепі.

296. Надмірний розвиток судин називається: а) анкілоз;
б) гідроцефалія; в) гіперемія; г) крипторхізм; д) скрепі.

297. Недорозвиненість сім'яників називається: а) анкілоз;
б) гідроцефалія; в) гіперемія; г) крипторхізм; д) скрепі.

298. Порушення координації рухів і схуднення у овець називається:
а) анкілоз; б) гідроцефалія; в) гіперемія; г) крипторхізм; д) скрепі.

299. Бульдоподібність телят називається: а) ахондроплазія;
б) гідроцефалія; в) гіперемія; г) крипторхізм; д) скрепі.

300. Розвиваються зайві копитця у телят на одній, деяких або всіх кінцівках: а) ахондроплазія; б) гідроцефалія; в) полідактилія;
г) крипторхізм; д) скрепі.

ДОДАТКОВІ ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Трансплантація ембріонів здійснюється з метою (назвати неправильну відповідь): а) запобігання інфекційних захворювань; б) збільшення виходу приплоду на 100 маток; в) максимального використання генетичного потенціалу кращих тварин; г) отримання генетичних копій розділенням ранніх ембріонів; д) прискореного створення високопродуктивних стад.

2. До корови-донора ембріонів ставляться такі вимоги (назвати невірні відповіді): а) високий індекс перерослості; б) високий індекс племінної цінності; в) добре виражений тип породи; г) здатність до суперовуляції; д) тривалий сервіс-період.

3. Вимоги до тварин-реципієнтів (зазначити невірні відповіді): а) високий індекс племінної цінності; б) добре виражена статевая охота; в) розвинутий тулуб; г) добре виражений тип породи; д) міцна конституція.

4. Кількість придатних для трансплантації ембріонів, які можна отримати одноразово від корови-донора: а) 1-5; б) 6-10; в) 11-15; г) 16-20; д) 21-25.

5. На який день статевого циклу проводиться пересадка ембріонів реципієнту: а) 1-2; б) 3-4; в) 5-6; г) 7-8; д) 9-10.

6. На який день розвитку ембріону проводиться його вимивання у корів-донорів: а) 1-2; б) 3-4; в) 5-6; г) 7-8; д) 9-10.

7. Пересадка ембріонів реципієнту має бути не тривалішою, хв.: а) 1; б) 2; в) 3; г) 4; д) 5.

8. При застосуванні нехірургічного методу одержання ембріонів тільність у реципієнтів становить, %: а) 20-30; б) 30-40; в) 40-50; г) 50-60; д) 60-70.

9. При застосуванні хірургічного методу одержання ембріонів відмінної якості тільність у реципієнтів становить, %: а) 40-50; б) 50-60; в) 60-70; г) 70-80; д) 80-90.

10. Кількість вимитих у донора після поліовуляції ембріонів, придатних до трансплантації, складає, %: а) 30; б) 40; в) 50; г) 60; д) 70.

11. Приживлюваність заморожених у рідкому азоті ембріонів нижча у порівнянні із свіжоотриманими на, %: а) 0-5; б) 5-10; в) 10-15; г) 15-20; д) 20-25.

12. Висококваліфіковане мікрохірургічне розділення ембріонів дозволяє довести рівень тільності реципієнтів при трансплантації розділених ембріонів до, %: а) 30-45; б) 45-60; в) 60-75; г) 75-90; д) 90 і більше.

13. Химерні тварини в біотехнології це такі, що: а) походять від 4-х батьків; б) у яких відбувся анастомоз; в) мають змішаний тип крові; г) отримані ід схрещування тварин різних видів; д) отримані шляхом мікрохірургічного розділення ембріонів.

14. Способи отримання тварин-химер такі: а) агрегаційний; б) домінаційний; в) ін'єкційний; г) комбінаційний; д) редукційний.

15. Клоном називається група тварин, що: а) походять від однієї матері; б) походять від одного батька; в) походять з однієї клітини; г) група дизиготних близнят; д) група монозиготних близнят.

16. Клонування тварин відбувається шляхом: а) трансплантації спермійв ссавців в енукейовані яйцеклітини; б) перенесенням спермійв самців в енукейовані соматичні клітини корів-рекордисток; в) трансплантації ядер соматичних клітин стресово-стійких тварин аборигенних порід в енукейовані яйцеклітини корів-рекордисток; г) трансплантації ядер соматичних клітин корів-рекордисток в їх енукейовані яйцеклітини; д) трансплантації ядер соматичних клітин корів-рекордисток в енукейовані яйцеклітини будь-яких інших тварин.

17. Зпліднення поза організмом проведено уперше в: а) Ізраїлі; б) колишньому Союзі; в) Нідерландах; г) США; д) Японії.

18. Перша гібридна ДНК отримана в: а) Англії; б) Голландії; в) Канаді; г) США; д) Франції.

19. Перша гібридна ДНК одержана в: а) 1952 р.; б) 1962 р.; в) 1972 р.; г) 1982 р.; д) 1992 р.

20. Трансгенних тварин отримують шляхом мікроін'єкції генів у: а) енукейовані яйцеклітини; б) соматичні клітини самок; в) соматичні клітини самців; г) чоловіче ядро ранніх зигот; д) двоклітинний зародок.

21. За допомогою якого ферменту здійснюється дроблення ДНК: а) амілази; б) рестриктази; в) полімерази; г) ревертази; д) інших ферментів.

22. Скільки специфічних рестриктаз добувають із бактеріальних клітин експериментальним шляхом: а) 20; б) 30; в) 40; г) 50; д) більше 50.

23. Тварин, яких отримують шляхом біотехнологічних маніпуляцій, називають: а) гібридами; б) трансгенними; в) фенкопіями; г) цибридами; д) гібридомами.

24. Вперше здійснив хімічний синтез генів: а) Берг; б) Вейсман; в) Корана; г) Морган; д) Робертсон.

25. Ферментативний синтез генів відбувається у фізіологічному безклітинному середовищі при наявності компонентів (назвати неправильну відповідь): а) м-РНК; б) урацил РНК; в) фермента ревертази; г) 4-х типів нуклеотидів ДНК; д) фрагментів молекули ДНК.

26. Яка хромосомна перебудова є найпоширенішою у великої рогатої худоби: а) делеція; б) дефішенс; в) дуплікація; г) інверсія; д) транслокація.

27. Яка найбільша частота поширення Робертсонівської транслокації у великої рогатої худоби, %: а) 10; б) 20; в) 30; г) 40; д) 50.

28. Методи штучного синтезу генів: а) комплексний; б) мутагенний; в) хімічний; г) ферментативний; д) фізичний.

29. Проникненню спермія в яйцеклітину сприяє фермент: а) амілаза; б) гіалуронідаза; в) полімераза; г) ревертаза; д) рестриктаза.

30. Кількість клітин в організмі дорослої людини, біліардів: а) 1-2; б) 2-3; в) 3-4; г) 4-5; д) 5-6.

31. Зигота може бути використана як об'єкт ембріональних маніпуляцій (дроблення, пересадки) при мінімальній кількості бластомерів, штук: а) 2; б) 4; в) 6; г) 8; д) 10.

32. Межею розділення зиготи для трансплантаційних цілей є кількість бластомерів: а) 2; б) 4; в) 8; г) 16; д) 32.

33. Індивідуальний розвиток особини це: а) філогенез; б) ембріогенез; в) онтогенез; г) морфогенез; д) еволюція.

34. Власне запліднення це: а) проникнення спермія в яйцеклітину; б) активація в яйцеклітині біологічних процесів; в) розрихлення зовнішньої оболонки яйцеклітини; г) злиття ядер яйцеклітини і спермія; д) відновлення диплоїдного набору хромосом.

35. Проникненню спермія в яйцеклітину сприяє фермент:
а) альдолаза; б) амілаза; в) арабіноза; г) галактоза; д) гіалуронідаза.

36. Зигота це: а) бластомер; б) гаплоїдна клітина; в) диплоїдна клітина; г) запліднена яйцеклітина; д) соматична клітина.

37. Чисельність соматичних клітин у дорослої людини: а) 2,5 тис.; б) 25 тис.; в) 250 тис.; г) 2,5 міліарди; д) 2,5 біліарди.

38. Інформосома це: а) батьківська і-РНК; б) запліднена яйцеклітина; в) гранула, що несе генетичну інформацію матері; г) материнська і-РНК; д) фаза овогенезу.

39. Максимальна кількість телят, яку можна отримати шляхом ембріональних маніпуляцій з однієї зиготи: а) 4; б) 8; в) 16; г) 32; д) 64.

40. До розділення допускаються ембріони на стадії: а) морули; б) гастрুলи; в) органогенезу; г) пізньої бластоцисти; д) після утворення диплоїдної клітини.

41. Кількість зародкових листів, які утворюються в період гастрულляції: а) 2; б) 3; в) 4; г) 5; д) 6.

42. Органи і тканини, які утворюються із ентодерми (вказати неправильну відповідь): а) органи травлення; б) система виділення; в) слизова оболонка травного каналу; г) стравохід; д) травні залози.

43. Яка тканина (орган) не утворюється з мезодерми: а) діафрагма; б) волосся; в) хребет; г) скелетні м'язи; д) серце.

44. Кишечник утворюється з: а) ектодерми; б) мезодерми; в) ентодерми; г) мезодерми і ентодерми; д) усіх трьох зародкових листів.

45. Назва утворення, де відбувається транскрипція і-РНК ембріону: а) міотом; б) ендобласт; в) целом; г) пуфи; д) хорда.

46. Гормон клітини, який впливає на метаболізм та генну активність: а) соматомедін; б) соматотропін; в) соматостатин; г) лейкін; д) соматоліберин.

47. Процес старіння відбувається в результаті: а) ослаблення конституції; б) порушення діяльності ендокринних залоз; в) підвищення кров'яного тиску; г) погіршення пластичності організму; д) старіння ДНК.

48. Старіння ДНК – це наслідок: а) збільшення соматичних клітин; б) збільшення генетичної інформації; в) накопичення адреналіну в організмі; г) погіршення гормональної активності; д) накопичення різних мутацій.

49. Синтез структурних (пластичних) білків відбувається за участю двох білків-посередників алорепресора та голорепресора. Який з них є при цьому активним: а) голорепресор; б) алорепресор.

50. Принципова схема регуляції генетичного коду була відкрита в: а) Росії; б) Франції; в) Німеччині; г) Чехії; д) США.

51. Регуляція синтезу білків-ферментів здійснюється за участю так званих індукторів, які являють собою: а) гормони; б) поживні речовини; в) ферменти; г) ділянки хромосом; д) групи генів.

52. Який з факторів, що спричиняє стрес, не є зовнішнім: а) температура; б) вологість; в) сомзахист; г) світло; д) концентрація кисню.

53. Який з факторів, що спричиняє стрес, не є зовнішнім: а) температура; б) вологість; в) ознайомлення; г) світло; д) концентрація кисню.

54. Основоположником вчення про умовно-рефлекторну діяльність є: а) Чермак; б) Павлов; в) Лоренц; г) де Фріз; д) ніхто із зазначених авторів.

55. Який з факторів, що спричиняє стрес, не є внутрішнім: а) біль; б) материнство; в) стадний рефлекс; г) рН; д) сомзахист.

56. Який з факторів, що спричиняє стрес, не є внутрішнім: а) біль; б) материнство; в) стадний рефлекс; г) вологість; д) сомзахист.

57. Виникнення стресів зумовлене нестачею в організмі гормону: а) соматотропіну; б) адреналіну; в) кортизону; г) тироксину; д) тиреотропного гормону.

58. Реакція адаптації (пристосування) в стресових ситуаціях відбувається в такій послідовності: а) тривога, напруження, виснаження; б) тривога, виснаження, напруження; в) напруження, тривога, виснаження; г) напруження, виснаження, тривога; д) виснаження, напруження, тривога.

59. Вважають, що виникнення стресів зумовлене: а) рецесивною дією генів; б) домінантною дією генів; в) комплементарністю; г) кодомінуванням; д) множинним алелізмом.

60. Який з перерахованих шляхів є найефективнішим для максимального зменшення шкідливого впливу стресу на виробництво товарної продукції тваринництва: а) покращення технологічних умов утримання; б) визначення маркерів (антигенів систем груп крові), які пов'язані із стійкістю (схильністю) проти (до) стрес-факторів;

в) визначення впливу дії та взаємодії генів, що призводять до стійкості (схильності) проти (до) стрес-синдрому; г) обмеження ветеринарних та зоотехнічних заходів, пов'язаних з фіксацією та перегруповуванням тварин; д) створення ліній, родин, кросів тварин і птиці, резистентних проти стресів.

61. До групи безумовних рефлексів не відносять такий: а) годівлі; б) лідерства; в) материнства; г) статевий; д) тривоги.

62. Зазначити коефіцієнт успадковуваності (h^2) відтворної здатності корів: а) 0,05-0,10; б) 0,20-0,25; в) 0,25-0,30; г) 0,40-0,60; д) 0,50-0,70.

63. Зазначити коефіцієнт успадковуваності (h^2) надою корів: а) 0,05-0,10; б) 0,20-0,25; в) 0,25-0,30; г) 0,40-0,60; д) 0,50-0,70.

64. Зазначити коефіцієнт успадковуваності (h^2) живої маси корів: а) 0,05-0,10; б) 0,20-0,25; в) 0,25-0,30; г) 0,40-0,60; д) 0,50-0,70.

65. Зазначити коефіцієнт успадковуваності (h^2) вмісту жиру і білка в молоці корів: а) 0,05-0,10; б) 0,20-0,25; в) 0,25-0,30; г) 0,40-0,60; д) 0,50-0,70.

66. Зазначити коефіцієнт успадковуваності (h^2) морфологічних ознак корів: а) 0,05-0,10; б) 0,20-0,25; в) 0,25-0,30; г) 0,40-0,60; д) 0,50-0,70.

67. Диплоїдний набір хромосом у соматичних клітинах великої рогатої худоби: а) 40; б) 46; в) 50; г) 54; д) 60.

68. При транслокації кількість хромосом у великої рогатої худоби становить: а) 58; б) 59; в) 60; г) 61; д) 62.

69. Максимальна частота транслокації робертсонівського типу у великої рогатої худоби знаходиться в межах, %: а) 0-10; б) 10-20; в) 20-30; г) 30-40; д) 40-50.

70. Яку ознаку відтворної здатності зумовлює кількість осіменіння на одне запліднення: а) індекс осіменіння; б) коефіцієнт відтворної здатності; в) міжотельний період; г) сервіс-період; д) вік 1-го отелення.

71. Яку ознаку відтворної здатності зумовлює співвідношення тривалості календарного року до тривалості міжотельного періоду: а) індекс осіменіння; б) коефіцієнт відтворної здатності; в) міжотельний період; г) сервіс-період; д) вік 1-го отелення.

72. Яку ознаку відтворної здатності зумовлює період від отелення корів до плідного осіменіння: а) індекс осіменіння; б) коефіцієнт відтворної здатності; в) міжотельний період; г) сервіс-період; д) вік 1-го отелення.

73. Яку ознаку відтворної здатності зумовлює період між двома отеленнями: а) індекс осіменіння; б) коефіцієнт відтворної здатності; в) міжотельний період; г) сервіс-період; д) вік 1-го отелення.

74. Яку ознаку відтворної здатності зумовлює скороспілість тварин: а) індекс осіменіння; б) коефіцієнт відтворної здатності; в) міжотельний період; г) сервіс-період; д) вік 1-го отелення.

75. Частота народження двійнят у великої рогатої худоби складає, %: а) 2; б) 4; в) 6; г) 8; д) 10.

76. Частота народження трійнят у великої рогатої худоби складає, %: а) до 0,2; б) 0,3-0,4; в) 0,5-0,6; г) 0,7-0,8; д) 0,9-1,0.

77. Який добір маток і баранів каракульської породи за мастю (а – чорна, А – сіра) не призводить до загибелі ягнят в ранньому віці: а) аа х аа; б) Аа х аа; в) аа х Аа; г) Аа х Аа; д) будь-який із зазначених варіантів.

78. Який добір маток і баранів за мастю небажаний при розведенні овець каракульської породи: а) аа х аа; б) Аа х аа; в) аа х Аа; г) Аа х Аа; д) АА х АА.

79. Який відбір у тонкорунному вівчарстві призводить до збільшення частоти крипторхізму: а) природний; б) масовий; в) за комолістю баранів; г) за живою масою; д) за статевої активністю самців.

80. Якою дією генів зумовлена частота легеневих захворювань овець романівської породи: а) домінантною; б) наддомінантною; в) комплементарною; г) модифікаційною; д) плеiotропною.

81. Середня багатоплідність свиноматок становить, поросят: а) до 6; б) 6-9; в) 9-12; г) 12-15; д) 15-18.

82. Генераційний інтервал свиней становить, років: а) 2; б) 2,5; в) 3; г) 3,5; д) 4.

83. Вік досягнення живої маси 100 кг становить у свиней в середньому, днів: а) 150-160; б) 160-170; в) 170-180; г) 180-190; д) 190-200.

84. Коефіцієнт успадковуваності багатоплідності складає у свиней, %: а) 4; б) 27; в) 31; г) 35; д) 49.

85. Коефіцієнт успадковуваності довжини туші складає у свиней, %: а) 4; б) 27; в) 31; г) 35; д) 49.

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ПОНЯТТЯ

Алелі – це гени, що визначають різні варіанти однієї і тієї ж ознаки.

Аллополіплоїдія – подвоєння кількості хромосом у стерильного гібрида, в результаті чого він стає плодючим. Це відбувається, якщо кількість хромосом стає кратною вихідній гаплоїдній їх кількості.

Алопатричні популяції – групи особин одного виду, котрі існують в різних географічних зонах.

Аналізуюче схрещування – схрещування гібридів F_1 з невідомим генотипом з особинами, гомозиготними за рецесивним геном. Мета – виявлення гетерозиготності.

Андрогенез – розвиток потомків тільки за рахунок ядер спермійв. Їх злиття відбувається в яйцеклітині, що втратила своє ядро (тутовий шовкопряд, паразитична оса).

Анізогамія – злиття двох рухомих, але різних за розмірами гамет (зелені водорості, мохи, папороті, деякі тварини).

Антигени – це речовини, що несуть ознаки генетичної чужорідності, які при введенні в організм спричиняють імунну відповідь (утворення антитіл).

Антитіла – це білкові речовини, які утворюються в організмі тварин у відповідь на проникнення антигену.

Аутополіплоїдія – збільшення кількості хромосомних наборів у даного виду.

Ауtosомний ген – ген, розміщений не в статевій хромосомі.

Безумовні рефлекси – природжені, передаються спадково. Вони є видовими, відносно постійними, здійснюються за участю спинного мозку, знаходяться під контролем кори головного мозку.

Біометрія – це розділ варіаційної статистики, який вивчає методи математичної обробки варіюючих величин стосовно живих організмів.

Біотехнологія – наука про застосування біологічних процесів і систем у виробництві.

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

Варіаційна крива – це графічне зображення варіаційного ряду. На горизонтальній осі (вісь абсцис) відкладають значення класів, а на вертикальній (вісь ординат) – частоти.

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

Варіювання – це різноманітність особин за тією чи іншою ознакою в межах однорідної за основними показниками групи.

Відбір – будь-яка діяльність людини або випадкове поєднання умов середовища, в результаті яких одні тварини одержують перевагу в розмноженні і залишають після себе нащадків при одночасному усуненні або елімінації інших.

Відносна довжина хромосоми – це відношення абсолютної довжини даної хромосоми до загальної довжини всієї хромосоми в гаплоїдному наборі.

Вікова група – група індивідів тотожного астрономічного або фізіологічного віку.

Вибірка – це група особин генеральної сукупності, відібрана для конкретних досліджень за принципом випадковості.

Гаплоїдія – процес формування у соматичних клітинах лише гаплоїдного (одинарного) набору хромосом.

Генеральна популяція – сукупність одного виду особин, котрі існують на цій планеті.

Генеральна сукупність – великий масив тварин, або інших біологічних об'єктів, які є предметом дослідження. Об'єм генеральної сукупності може бути різний і визначається поставленою метою. Це може бути вид, порода або її племінна частина, заводська лінія, породний тип.

Генетика – наука про спадковість і мінливість тварин, рослин, мікроорганізмів.

Генетика поведінки – розділ загальної генетики, який вивчає спадкову обумовленість поведінки тварин.

Генетична детермінація – це будь-яка особливість тварини або людини, яка залежить тільки від генів.

Генетична інженерія – це розділ молекулярної генетики, який вивчає і розробляє методи конструювання організмів з новими ознаками.

Генетична структура популяції – це частота алелів і генів у ній.

Генетичний аналіз – використання математики в генетичних дослідженнях, дає можливість вивчити мінливість різних ознак, їх успадкування та взаємозв'язок, встановити генетичну структуру популяції за частотою генів і генотипів.

Генетичний вантаж – це наявність в популяції несприятливих алелів в складі гетерозиготних генотипів.

Генетичний поліморфізм – одночасна наявність в популяції декількох алелів одного і того ж локусу, які знаходяться в рівновазі протягом ряду поколінь.

Генні мутації – це зміни структури ДНК на ділянці певного гену, який кодує синтез відповідної білкової молекули.

Геном – сукупність генів, локалізованих у гаплоїдному наборі хромосом.

Геномні мутації – це мутації, які виникають у результаті зміни кількості хромосом. Вони виражаються анеуплоїдією (втрата чи набуття окремих хромосом) та поліплоїдією (набуття цілих гаплоїдних наборів хромосом).

Генотип – це сукупність усіх генів конкретного організму.

Генофонд – це сукупність усіх генів і алелів, які мають члени даної популяції.

Гермафродити – це особини, у яких присутні чоловічі і жіночі статеві органи.

Гетерозис – це перевага нащадків першого покоління над батьківськими формами за життєздатністю, витривалістю, продуктивністю, яка виникає при схрещуванні різних видів, порід тварин і зональних типів.

Гібриди – це потомки, що виникають від схрещування двох генетично різних особин.

Гібридологічний аналіз – схрещування особин, які відрізняються за однією або декількома ознаками, з наступним вивченням одержаного потомства за ряд поколінь (діти, внуки, правнуки).

Гіногенез – різновид партеногенезу, розвиток зародка з незаплідненої яйцеклітини, але за участю спермія, який, проникаючи в яйцеклітину, не зливається з ядром, а лише стимулює її розвиток.

Гомогенні популяції – групи особин одної породи, сорту, типу, котрі мають генетичну спільність за певними ознаками.

Делеція (DI) – нестача, тобто втрата хромосомою будь-якої ділянки – проміжної або кінцевої.

Домінантні алелі – переважаючі, вони завжди проявляють свою дію, як у гомозиготному, так і в гетерозиготному стані.

Домінування, залежне від статі – домінування однієї ознаки над іншою залежить від того, хто має ці ознаки – самець чи самка.

Донори ембріонів – високоцінні у племінному відношенні корови, які дають реакцію *суперовуляції*, що дозволяє одержувати достатню кількість якісних ембріонів для трансплантації.

Дрейф генів – непередбачувані порушення генетичної рівноваги популяцій в результаті серйозних випадкових відхилень в частотах генів і генотипів.

Другий закон Менделя – закон розщеплення гібридів (гібриди першого покоління при подальшому розмноженні розщеплюються – у їхньому потомстві знову з'являються особини з рецесивними ознаками, які становлять приблизно чверть усієї кількості потомків).

Дуплікація (Dr) – подвоєння ділянки хромосоми. Дуплікація помітно не впливає на фенотип особини.

Еколого-фізіологічний метод дослідження – дозволяє встановити вплив факторів середовища на стан популяції та ступінь реалізації генетичного потенціалу;

Епістаз (домінантний) – це взаємодія, при якій алель одного з генів пригнічує дію алеля інших генів, тобто $A > B$ або $B > A$, $a > B$ або $b > A$.

Еритроцитарні антигени – містяться на мембрані еритроцитів і визначають групи крові тварин.

Еукаріоти – клітини, що мають ядро, де розміщені гени у вигляді хромосом, а також цитоплазматичну спадковість.

Зворотне схрещування – це почергове схрещування гібридів F_1 з однією з батьківських форм – домінантною і рецесивною.

Зчеплення генів – рівень зв'язку алелів різних генів в мейозі чи генетичному схрещуванні.

Ізогамія – злиття двох однакових за формою і розмірами гамет (водорості, гриби, одноклітинні тварини);

Ізоляція – відособленість особин популяції від інших подібних сукупностей особин.

Інверсія (In) – “вирізання” ділянки хромосоми, яка повертається на 180° , а потім знову “вбудовується” на попереднє місце. При цьому ніяких змін генотипу не відбувається.

Імміграція – включення нових особин в дану популяцію (закупка).

Імуногенетика – розділ біології, який вивчає генетичний поліморфізм антигенного складу клітин тварин.

Каріотип – хромосомний набір клітин чи організму, що характеризується числом, розміром та конфігурацією хромосом.

Картування хромосом – це процес визначення послідовності розміщення генів у кожній хромосомі.

Клон – це група тварин, які походять з однієї клітини. Всі особини одного клону мають ідентичний генотип.

Кодомінування – у гібридів першого покоління проявляються ознаки обох предків, тобто жоден ген не домінує. За таким типом успадковуються групи крові.

Кодон – одиниця генетичної інформації, що визначає, яка з амінокислот буде вбудовуватися в молекулу білка, що синтезується.

Коефіцієнт інбридингу – вірогідність того, що у однієї особи два алеля в даному локусі є від одного предка.

Комбінативна мінливість – спадкова, зумовлена комбінацією і рекомбінацією генів, котрі відбуваються при незалежному розподілі хромосом в мейозі, їх випадковому поєднанні при заплідненні та у результаті кросинговеру.

Кумулятивна полімерія – ступінь прояву ознаки залежить від кількості домінантних генів у генотипі.

Летальні гени – обумовлюють загибель організму. Можуть бути як рецесивними, так і домінантними. Часто домінантний ген летальний лише в гомозиготному стані.

Лізосоми – невеликі круглі тільця, у середині яких містяться ферменти (понад 60 гідролаз), що розчиняють білки, жири, вуглеводи, нуклеїнові кислоти. Беруть участь у травленні поживних речовин та виділенні відмерлих у процесі життєдіяльності частин клітини.

Локальні популяції – групи особин, котрі займають довгостроково певне місце. У дикій природі це ендеміки, а в сільськогосподарській практиці – окремі стада.

Ліміт – найпростіший показник варіювання ознаки, характеризує її мінімальне і максимальне значення у вибірковій сукупності.

Маркер – алель (ознака) успадкування якої наявне в нащадків.

Математичний метод досліджень – чіткий вираз біометричними показниками та цифрами стану та динаміки генетичної структури популяції, моделювання генетичних процесів.

Мейоз – поділ статевих клітин під час дозрівання.

Метод генетичного аналізу – порівняння фенотипових якостей батьків та нащадків.

Метод цитогенетичного аналізу – вичення каріотипу тварин та інших клітинних структур, особливо актуальний при оцінці плідників з метою запобігання поширенню хромосомних аномалій.

Міграція – переведення частини особин однієї популяції в іншу.

Мікропопуляція – найменша група особин, котра здатна до самовідтворення та самоіснування.

Мінливість – це відмінності між тваринами (іншими органічними формами) одного виду або між спорідненими особинами за рядом ознак та властивостей.

Мітоз – це поділ соматичних клітин, при якому з однієї материнської клітини утворюються дві ідентичні дочірні.

Мітохондрії – дрібні гранульовані тільця, які синтезують основне джерело енергії для обмінних процесів клітини – аденозинтрифосфорну кислоту (АТФ). Тому їх ще називають “силовими станціями” клітин.

Множинний алелізм – перебування генів більш ніж у двох алельних станах. Це призводить до виникнення у потомстві різних фенотипів, які займають проміжне положення за вираженістю ознаки між фенотипами батьків.

Модифікаційна мінливість – формується на базі надлишкової надійності організму, найбільш пластично відповідаючи заданим умовам. Ця форма мінливості не спадкова, є нормою реакції організмів на умови середовища, має важливе значення для пристосування виду.

Моногібридне схрещування – це схрещування особин, які відрізняються між собою за одноєю парою ознак.

Мутаційна мінливість – викликані мутацією зміни кількості або структури ДНК організму, які передаються потомству і впливають на формування ознак та подальшу долю організму в цілому.

Мутаційний аналіз досліджень – порівняння ефекту мутації з вихідною дією гена.

Надомінування – у гібридів першого покоління спостерігається більший розвиток ознаки, ніж у вихідних батьківських форм.

Невипадкове схрещування – порушення панміксії. У тваринництві це методи розмноження, серед яких найбільш вагомі – схрещування і споріднене розведення (інбридинг).

Некумулятивна полімерія – ступінь прояву ознаки не залежить від кількості домінантних генів у генотипі.

Неповне домінування – гетерозигота більше схожа на домінантного батька, ніж на рецесивного.

Овогамія – злиття великої нерухомої жіночої і маленької рухомої гамети (у більшості тварин і рослин).

Ознаки – це конкретні особливості і властивості організмів, які можна вирізнити серед багатьох інших і виміряти у відповідній системі мір (**кількісні** ознаки) або описати відповідними термінами (**якісні**).

Панміксія – вільне схрещування особин всередині популяції.

Партеногенез – це розвиток зародка, а потім і організму із незаплідненої яйцеклітини (трутні, ящірки, білі індики).

Перший закон Менделя – закон одноманітності гібридів першого покоління (проявляється лише одна ознака з альтернативної пари).

Плейотропна дія генів – вплив одного гена одночасно на декілька ознак.

Плечовий індекс хромосом – це відношення їх довгого плеча до коротшого, $I = q/p$.

Поведінка – це реакція організму на зміни зовнішнього або внутрішнього середовища.

Повне домінування – взаємодія алельних генів, при якій гомозиготні та гетерозиготні особини за домінантним геном характеризуються однаковим фенотипом.

Повторюваність – це ступінь відповідності між декількома оцінками одних і тих же тварин за певною ознакою, одержаними в різний віковий період.

Покоління (генерація) – безпосередні нащадки, що народилися протягом усього репродуктивного періоду (періоду життя).

Полімерія – форма взаємодії генів, при якій на одну ознаку діють декілька пар неалельних генів. З нею пов'язане успадкування кількісних ознак.

Поліплоїдія – процес парного або непарного числа разів збільшення кількості повних хромосомних наборів, які відрізняються від норми.

Популяційна генетика – це наука, що вивчає генетичні явища, які відбуваються в популяціях.

Популяція – це сукупність особин даного виду, що займають певну територію, вільно схрещуються між собою і більш-менш ізольовані від інших сукупностей.

Потенційна популяція – віртуальна, теоретично можлива менделєвська група особин одного виду, в якій реалізуються всі можливі комбінації варіантів наборів хромосом в гаметах та варіантів їх сполучення при заплідненні.

Приплід – одночасно народжені особини від певних батьків.

Прокаріоти – клітини, що не мають структурно оформленого ядра, гени розміщені в цитоплазмі, типові представники – бактерії та синьо-зелені водорості.

Проміжне успадкування – гетерозигота займає проміжне положення між двома гомозиготами.

Процесінг – процес “дозрівання” і-РНК.

Реплікація – це відтворення, починаючи з зиготи, ідентичних дочірніх молекул для мільярдів соматичних клітин організму.

Рецесивні алелі – можуть проявити себе лише в тому разі, якщо одночасно знаходяться в обох гомологічних хромосомах.

Реципієнти ембріонів – переважно телиці, яким трансплантують ембріони. Не представляють племінної цінності, але характеризуються добрим розвитком та вираженою статеву охотою.

Реципрокне схрещування – схрещування гомозиготних тварин по чергово: пряме – домінантних (М) з рецесивними (Б), зворотне – навпаки, рецесивних (М) з домінантними (Б):

Селекційний індекс – це показник племінної цінності тварини, побудований з урахуванням декількох показників господарських і біологічних ознак.

Середня арифметична – це показник середньої величини у відібраній групі особин, який характеризує середню варіацію цієї ознаки.

Середня виважена (M_v) – показник для усереднення середніх арифметичних декількох вибірок

Середня гармонійна (H) – показник для усереднення швидкостей, що міняються (швидкість бігу коней на іподромах, швидкість молоковіддачі та ін.)

Середня геометрична (G) – показник для характеристик темпу росту, приросту популяції за певний період

Середня квадратична (S) – показник для розрахунку середніх площ, діаметрів, радіусів (d вовни, d лейкоцитів, еритроцитів, обхват дійки).

Сімпатрична популяція – група особин одного виду, котрі існують в одній географічній зоні.

Спадковість – це властивість живих істот передавати свої ознаки нащадкам. Спадковість дає змогу тваринам, рослинам і мікроорганізмам зберігати в поколіннях характерні риси виду, породи, сорту.

Сплайсінг – вирізання інтронів і зшивання екзонів.

Статистичний (біометричний) аналіз – це ряд математичних способів оцінки результатів досліджень: вірогідність різниці між показниками дослідних і контрольних груп, відповідність розподілу експериментальних даних теоретично очікуваному розподілу і тому подібне.

Стать – сукупність ознак і властивостей організму, що забезпечує його участь у відтворенні і передачі спадкової інформації внаслідок утворення гамет.

Стрес – це сукупність неспецифічних захисних реакцій організму тварини на сильний зовнішній подразник.

Схрещування – це сполучення двох спадково різних статевих клітин при заплідненні.

Тотальні лінії – це група особин, котрі мають весь однаковий набір генів, котрий знаходяться в гомозиготному стані. У таких лініях добір неможливий.

Транскрипція – це синтез іРНК за матрицею ДНК.

Транслокація (ТІ) – обмін ділянками між негомологічними хромосомами. Транслокація не змінює кількості генів в даному генотипі і не завжди проявляється фенотипово.

Транспозиція (Т) (інсерція) – вставка в хромосому невеликих фрагментів з кількох генів.

Третій закон Менделя – закон незалежного розподілу генів. Згідно з ним, розщеплення за кожною парою ознак відбувається незалежно від інших ознак.

Умовні рефлекси – індивідуальні, набуті рефлекторні реакції, які виробляються на базі безумовних рефлексів і допомагають тварині пристосовуватись до зовнішніх подразників.

Фенотип – це сукупність усіх ознак конкретного організму.

Феногенетичний аналіз – вивчення впливу умов годівлі та утримання сільськогосподарських тварин на формування у них спадково обумовлених ознак і властивостей при будь-якому схрещуванні.

Фрагментація (F) – розрив хромосом або хроматид в декількох місцях і утворення окремих фрагментів з наступною втратою в мітозі тих, які не містять центромери.

Химерні тварини – у них частина клітин походить від однієї пари батьків, а частина від іншої, тобто такі тварини мають чотирьох батьків.

Центромірний індекс хромосоми – це відношення довжини коротшого з двох плечей до довжини всієї хромосоми.

Цикл розмноження – період розмноження і формування нащадків.

Цистрон – це функціональна одиниця молекули ДНК, яка відповідає класичному гену і містить інформацію для синтезу поліпептидного ланцюга.

Цитогенетичний аналіз – дослідження кількості, розмірів і форми хромосом та інших клітинних структур.

Часткові лінії – це група особин, які мають лише частину однакових генів, що знаходяться в гомозиготному стані. До них відносяться породи, типи, лінії, тощо.

Частота алеля – частка конкретного алеля серед усіх наявних в популяції алелей досліджуваного гена.

Частота генотипу – частка особин, що мають певний генотип, серед усіх особин популяції.

Ядро – найважливіший органоїд клітини, який містить генетичну інформацію. Складає 10–20% об'єму клітини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Айала Ф., Кайгер Дж. Современная генетика: пер. с англ; в трех томах. М.: Мир, 1988. Т. 2. 368 с.
2. Айала Ф., Кайгер Дж. Современная генетика: пер. с англ; в трех томах. М.: Мир, 1988. Т. 1. 295 с.
3. Барановский Д. И., Хохлов А. М., Гетманец О. М. Биометрия в селекции в MS Excel: учебное пособие. Харьков: Бровин О. В., 2017. 228 с.
4. Близнюченко О. Г. Біометрія: монографія. Редакційно-видавничий відділ Тетра Полтавської державної аграрної академії, 2003. 346с.
5. Визнер Э. Болезни крупного рогатого скота: Пер. с нем. М.: Колос, 1970. 424 с.
6. Визнер Э., Виллер З. Ветеринарная патогенетика: Пер. с нем. М.: Колос, 1979. 424 с.
7. Войтенко С. Л., Копилов К. В., Копилова К. В. Генетика. Редакційно-видавничий відділ ПДАА, 2014. 227 с.
8. Генетика / С. В. Демидов, Г. Д. Бердишев, Н. М. Топчий, К. Д. Черненко. К.: Фітосоціоцентр, 2007. 412 с.
9. Генетика з біометрією (лабораторно-практичний курс): лабораторно-практичний посібник / Щербатий З.Є., Гиль М.І., Кос В.Ф. [та ін.]. Львів, 2009. 260 с.
10. Генетика з основами розведення та відтворення сільськогосподарських тварин: навчально-методичний посібник / С. Л. Войтенко, О. О. Васильєва, Л. В. Вишневський, Б. С. Шаферівський. Полтава: ПП Астроя, 2018. 213 с.
11. Генетика сільськогосподарських тварин / В. С. Коновалов, В. П. Коваленко, М. М. Недвига [та ін.]. К.: Урожай, 1996. 432 с.
12. Генетико-популяційні прийоми розведення тварин: навчальний посібник для студентів спеціальності 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» / Пелехатий М. С., Піддубна Л. М., Кучер Д. М., Кочук-Ященко О. А. Житомир: Полісся, 2020. 133 с.

13. Генетические основы селекции животных / В. Л. Петухов, Л. К. Эрнст, И. И. Гудилин [и др.]. М.: Агропромиздат, 1989. 448 с.
14. Гершензон С. М. Основы современной генетики: 2-е изд., перераб. и доп. К.: Наук. думка, 1983. 560 с.
15. Глазко В. И., Глазко Г. В. Введение в генетику. К.: КВИЦ, 2003. 640 с.
16. Жебровский Л. С., Митютко В. Е. Использование полиморфных белковых систем в селекции. Л.: Колос, 1979. 184 с.
17. Иванова О. А. Генетика: 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1974. 431 с.
18. Імуногенетика: підручник / Ж. М. Мінченко, Т. І. Гавриленко, С. В. Демидов, Н. М. Топчій. К.: Знання, 2010. 374 с.
19. Лановенко О. Г., Чинкіна Т. Б. Від молекул нуклеїнових кислот до людини. Генетичні задачі з методикою розв'язання: навчально-методичний посібник: 2-е вид., доп. та перероб. Херсон: Айлант, 2005. 156 с.
20. Ларцева С. Х., Муксинов М. К. Практикум по генетике. М.: Агропромиздат, 1985. 288 с.
21. Мацеевский Я., Земба Ю. Генетика и методы разведения животных. М.: Высшая школа, 1988. 488 с.
22. Меркурьева Е. К. Биометрия в селекции и генетике с.-х. животных. М.: Колос, 1970. 423 с.
23. Меркурьева Е. К., Шангин-Березовский Г. Н. Генетика с основами биометрии. М.: Колос, 1983. 400 с.
24. Новак Т. В., Редько В. В., Корчинський А. М. Українсько-російсько-англійський словник термінів з генетики та селекції. К : УААН, 1993. 76 с.
25. Основы варіаційної статистики. Біометрія / В. С. Патров, М. М. Недвіга, Б. А. Павлів, В. І. Халак. Січ, 2000 193 с.
26. Пабат В. Д., Вінничук Д. Т. Основы генетики і тваринництва. К.: Аграрна наука, 1997. 184 с.
27. Петухов В. Л., Жигачев А. И., Назарова Г. А. Ветеринарная генетика с основами вариационной статистики. М.: Агропромиздат, 1985. 368 с.

28. Петухов В. Л., Жигачев А. И., Назарова Г. А. Ветеринарная генетика: 2-е изд. перероб. и доп. М.: Колос, 1996. 84 с.

29. Плохинский Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников. М: Колос, 1969. 256 с.

30. Проценко М. Ю. Генетика: підручник. К.: Вища школа, 1994. 303 с.

31. Трофименко О. Л, Гиль М. І. Генетика популяцій: навчальний посібник. Миколаїв: МДАУ, 2003. 226 с.

32. Хатт Ф. Б. Генетика животных: пер. с англ. М.: Колос, 1969. 445 с.

33. Хмельничий Л. М., Супрун І. О. Основи генетики та селекції сільськогосподарських тварин: навчальний посібник. К.: Аграрна освіта, 2011. 497 с.

34. Хмельничий Л. М., Супрун І. О., Салогуб А. М. Основи генетики тварин з біометрією: навчальний посібник. Суми: Видавництво: ПП Вінниченко М. Д., ФОП Дьоменко В. В., 2011. 344 с.

35. Эрнст Л. К., Жигачев А. И. Мониторинг генетических болезней животных в системе крупномасштабной селекции. М.: Россельхозиздат, 2006. 383 с.

Навчальне видання

Піддубна Людмила Михайлівна

Пелехатий Микола Сергійович

Кучер Дмитро Миколайович

Кочук-Ященко Олександр Анатолійович

Кобернюк Віра Василівна

ГЕНЕТИКА ТВАРИН З БІОМЕТРІЄЮ

Навчальний посібник

Українською мовою

В авторській редакції

Коректор Д. М. Кучер

Комп'ютерна верстка Д. М. Кучер

Обкладинка Д. М. Кучер