

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МОСКОВСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ
К.А.ТИМИРЯЗЕВА
ЮЖНО – КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.АУЭЗОВА

Д.А. Баймуканов, Т.Т. Тарчоков,
А.С. Алентаев, Ю.А. Юлдашбаев

ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ И БИОМЕТРИИ: ПРАКТИКУМ

Учебное пособие: 2-е издание



Э В Е Р О
Алматы, 2018

УДК 619(075.8)

ББК 48я73

Б 50

Глазко В.И. – академик Российской академии наук (РАН), академик Российской академии естественных наук (РАЕН), доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО «Российский аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А.Тимирязева».

Турумбетов Б.С. – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Патология животных» Высшей школы сельскохозяйственных наук Южно-Казахстанского государственного университета имени М.Ауезова.

Составители:

Баймуканов Д.А., Тарчоков Т.Т.,

Алентаев А.С., Юлдашбаев Ю.А.

Б 50 Основы генетики и биометрии / 2-ое издание (составители Баймуканов Д.А., Тарчоков Т.Т., Алентаев А.С., Юлдашбаев Ю.А.). – Алматы: Эверо, 2018. – 128 с.

ISBN 978-601-310-078-4

Практикум с основами генетики и биометрии рекомендуется в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений по специальности – 5В080200 «Технология производства продуктов животноводства» (квалификация (степень) – «бакалавр»). Практикум составлен в соответствии специальности и рабочей программой по дисциплине "Генетика и биометрия".

Учебное пособие облегчает понимание и освоение вопросов по закономерностям наследования признаков при половом размножении, хромосомной теории наследственности, генетике популяций, молекулярным основам наследственности, иммуногенетике и особенностям наследования количественных признаков. Пособие рассчитано на самостоятельное выполнение заданий студентами, что повышает эффективность освоения теоретического курса. Включает общие положения, методические указания и задания, вопросы и тесты для контроля знаний студентов.

Пособие представляет интерес для магистров аграрных, биологических и технологических факультетов высших учебных заведений, PhD (докторов философии), а также научных сотрудников научно – исследовательских институтов.

УДК 619(075.8)

ББК 48я73

ISBN 978-601-310-078-4

© Коллектив авторов, 2018

© Эверо. 2018

ПРЕДИСЛОВИЕ

Генетика изучает генную структуру в ее функциональном проявлении. Изучение механизмов наследственности, особенности взаимосвязи генов и признаков организма является одним из основных направлений в селекции сельскохозяйственных животных.

Гены, контролирующие количественные признаки, называют генами совместного действия или полигенами. Их действие в формировании какого-либо признака одинаковое, но в отдельности индивидуальный вклад каждого гена не велик.

Формирование фенотипа происходит под влиянием генотипа, то есть взаимодействия многих пар генов. Под действием определенной пары генов может изменяться любой селекционируемый признак, который может усиливаться или ослабляться. Имеются случаи подавления, то есть когда признак не проявляется в фенотипе. В животноводстве часто наблюдается эпистаз признака, когда гены разных аллеломорфных пар выполняют одинаковую роль в определении селекционируемого признака. То есть, гены взаимодействуют независимо при наследовании и на фенотипическое проявление признака. Установлено, что на формирование фенотипа оказывают большое влияние условия окружающей среды. Взаимодействие средовых факторов и фенотипа в значительной мере определяет изменчивость множества признаков. Признаки, измененные под действием внешней среды, по наследству не передаются.

Под влиянием внешних факторов среды (химические вещества, физические факторы) наследственная субстанция может изменяться, что отражается на фенотипе особей. Эти изменения стабильны и могут влиять на число хромосом (геномные мутации), структуру хромосом и на структурную единицу наследственности - гены.

На развитие количественных признаков, например молочная и шерстная продуктивность, большое влияние оказывают факторы среды, которые увеличивают уровень их изменчивости. Скрещивая между собой гетерозиготные особи, различающихся по основному селекционируемому признаку, можно наблюдать трансгрессию, которая заключается в появлении потомства гетерозиготных

родителей экземпляров с проявлением признаков превышающая выраженность у исходных форм. Связано это с тем, что при скрещивании гетерозигот проявляются новые генные комбинации.

Многочисленные генные и хромосомные мутации оказывают вредное действие на жизнеспособность и продуктивность животных.

Генетический дрейф, мутационный процесс могут отклонять популяцию от состояния генетического равновесия. Наиболее существенный фактор, изменяющий генофонд популяции животных в желательном направлении является отбор. Ограничение случайности скрещивания путем сознательного подбора (групповой, индивидуальный) животных для размножения не вызывает изменения частот генов, но меняет вероятность их комбинирования, обуславливает изменения частот генотипов. Стремясь к изменению генетической структуры популяции животных любой селекционер должен иметь представления о последствиях действия конкретных селекционных мероприятий. Возникаемая в популяции фенотипическая изменчивость является результатом действия наследственных и средовых факторов. Таким образом, отбор бывает эффективным, когда имеется генетическая изменчивость. Мерой эффективности отбора является ответ на отбор, величина которого зависит от интенсивности отбора и наследуемости признака. От показателя наследуемости признака зависит, в какой мере достигнутое у селекционного стада улучшение признака будет унаследовано следующим поколением. Изучение генетических взаимосвязей между признаками позволяет более эффективно управлять процессом отбора и лучше прогнозировать его результаты.

В научной литературе 60-х-90-х годов XX века по генетике сельскохозяйственных животных указывается, что наследуется не признак, а способность организмов к формированию свойств и признаков.

Наследственные факторы, взаимодействуя с факторами внешней среды, влияют на физиологическое состояние, жизнеспособность потомства, формирование продуктивности. Впервые данная проблема во всем ее многообразии была поднята Ч.Дарвиным, впоследствии продолжена академиком И.И.Шмальгаузом в 1940 г. показавшим, что движущим

принципом исторического развития организмов является отбор, определяемый взаимодействием внешних и внутренних (генетических) факторов.

В генетике и биометрии приняты следующие термины: наследуемость, наследственность, наследование, изменчивость.

Наследственность – свойство организмов обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями. Наследственность реализуется в процессе наследования или воспроизведения в ряду поколений специфического характера обмена веществ и индивидуального развития в определенных условиях внешней среды. Проявление наследственности осуществляется в непрерывности живой материи при смене поколений.

Наследственность обеспечивает материальную и функциональную преемственность между поколениями, а также обуславливает специфический характер индивидуального развития в определенных условиях внешней среды. Благодаря наследственности у потомков сохраняется до мельчайших признаков и свойств специфические особенности развития, присущие определенному виду и особи.

Наследование – передача генетической информации от одного поколения организмов другому посредством генов. Наследование – процесс обеспечивающий материальную преемственность между поколениями организмов. В биометрии знания особенностей наследования тех или иных признаков часто определяет выбор методов отбора и гибридизации хозяйственно полезных видов.

Наследуемость – наследственная обусловленность разнообразия изменчивости признака в популяции пород или сорта. Термин введен в литературу американским генетиком Дж. Лашем в 1939 г.

Наследуемость признака характеризуется коэффициентом h^2 , величина которого зависит от генотипической структуры популяции, изменчивости признака и условий внешней среды. Для определения используют различные статистические методы: корреляционный, регрессивный, дисперсионный анализ и др. Величина наследуемости служит критерием выбора метода отбора. При высоких значениях h^2 эффективен массовый отбор, по мере уменьшения величины h^2 эффективность массового отбора снижается, при низких значениях h^2 необходимо применение

индивидуального отбора. Значение наследуемости признака позволяет прогнозировать темп отбора и рост продуктивности. Как правило, более низкие коэффициенты наследуемости получают для признаков, обуславливающих биологическую приспособленность организмов (плодовитость, живая масса при рождении).

Это означает, что данные признаки контролируются генотипом в меньшей степени, по ним наблюдается меньшая генотипическая изменчивость (большая генотипическая однородность). Очевидно, биологически важные признаки подвержены наиболее жесткому контролю естественного отбора, что и приводит к снижению генотипического разнообразия особей в популяции. Если группа организмов представлена гомозиготами или гетерозиготами, коэффициент наследуемости для этих групп будет равен нулю. Знание коэффициентов наследуемости признаков важно в селекционной работе для определения потенциальной эффективности отбора (чем выше h^2 для популяции, тем эффективен массовый отбор), выбора метода отбора (при высоких значениях h^2 эффективен массовый отбор), для прогнозирования роста продуктивности пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов.

Коэффициент наследуемости определяет долю генетической изменчивости в общей фенотипической вариации признаков в конкретных популяциях.

По предложению I.L.Lush под наследуемостью следует понимать долю общей изменчивости селекционируемого признака обусловленного генетическим разнообразием группы особей данной популяции. Наследуемость определяется коэффициентом в абсолютных единицах варьирующим от 0 до 1 или в процентном отношении от 0 до 100.

Далее автор предлагает формулу расчета коэффициента наследуемости $h^2=2R$ (удвоенный коэффициент регрессии между показателями родителей и потомства).

По данным П.Ф.Рокицкого, Е.К.Меркурьевой и Г.Н.Шангин-Березовского коэффициент наследуемости легко рассчитывается по степени удвоенной корреляции между продуктивными показателями матерей и дочерей или сыновей и отцов $h^2=2r$.

По данным А.А.Поляничкина и А.Н.Жигачева наследуемость учитывает генетическое разнообразие и характеризует лишь ту

часть влияния наследственной изменчивости, которая обусловлена действием аддитивных генов.

Е.К.Меркурьева, Г.Н.Шангин-Березовский отмечают: «Влияние среды может вызвать значительные колебания в величине наследуемости. Чем больше среда (кормление, содержание) соответствует требованиям организма для развития признака, тем больше наследственности и тем выше коэффициент наследуемости.

В процессе онтогенеза сельскохозяйственных животных происходит постепенное раскрытие его генотипа, завершающееся формированием фенотипа взрослой особи.

Под генотипом понимают весь комплекс наследственной информации, определяющей генеральную линию развития организма. Этим и объясняется постоянство признаков и свойств животных любого вида.

В создании учебника приняли участие ведущие ученые Российской Федерации и Республики Казахстан, преподаватели Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева (г. Москва, РФ) и Научно – исследовательского института «Проблем агропромышленного комплекса и водных ресурсов» Южно – Казахстанского государственного университета имени М.Ауезова (г. Шымкент, РК), Научного инновационного центра животноводства и ветеринарии (г. Астана, Республика Казахстан).

Практикум по генетике и биометрии для студентов высших учебных заведений составлен в соответствии специальности 5В080200 «Технология производства продуктов животноводства» и рабочей программой по дисциплине "Генетика и биометрия". Учебное пособие облегчает понимание и освоение вопросов по закономерностям наследования признаков при половом размножении, хромосомной теории наследственности, генетике популяций, молекулярным основам наследственности, иммуногенетике и особенностям наследования количественных признаков.

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ БИОМЕТРИИ

Тема 1: ОБОЗНАЧЕНИЯ И СИМВОЛЫ В БИОМЕТРИИ

Цель: Изучить основные понятия, символы и обозначения в биометрии.

Методические указания

При анализе результатов производственной деятельности, в научных исследованиях при проведении зоотехнических опытов приходится применять математическую обработку данных.

Применение методов математической статистики для изучения биологических объектов получило название биометрии. Объектом биометрии служит варьирующий (изменяющий) признак, учтенный в группе особей, имеющих достаточную численность. Варьирующие признаки - это показатели продуктивности, развития, экстерьера и т.д.

Варьирующие признаки могут быть количественными (живая масса, удой, содержание жира и белка в молоке, настриг и длина шерсти и др.) и качественными (масть, рогатость, комолость, тип нервной деятельности и др.).

Изучения варьирующего признака осуществляется на определенной группе объектов, которая называется совокупностью. Различают генеральную и выборочную совокупность.

Генеральная совокупность - это вся подлежащая изучению совокупность данных объектов. Она состоит из бесконечно большого количества отдельных единиц (порода, линия, вид животных, популяция и т.д.). Изучение такого большого массива объектов не представляется возможным. Поэтому для изучения признаков и свойств генеральной совокупности отбирают часть животных, т.е. составляют выборочную совокупность.

Основное требование к выборке - ее репрезентативность, т.е. достоверное отражение генеральной совокупности. Достигается это случайным отбором объектов для формирования выборки.

Объекты, входящие в совокупность или величина признака у отдельной особи называются вариантами.

В зависимости от числа вариантов выборка может быть большой и малой. Большой выборкой называют такую

совокупность, в которую входит более 30 вариантов, а малой выборкой - 30 и менее вариантов.

Символы и обозначения в биометрии:

n - число вариантов в выборочной совокупности

N - число вариантов в генеральной совокупности

x - варианта, числовое значение признака

\bar{X} - средняя арифметическая

$\bar{X}_{взв}$ - средняя арифметическая взвешивания

M_o - мода

M_e - медиана

G - средняя геометрическая

H - средняя гармоническая

S - средняя квадратическая

A - условная средняя, середина условного среднего класса

a - отклонение классов от условной средней

F - частота (число вариантов в классе)

Lim - пределы

σ - среднее квадратическое отклонение или стандартное отклонение

σ^2 - дисперсия

C_v - коэффициент изменчивости или вариации

tn - нормированное отклонение

td - критерии достоверности разности

m - статистическая ошибка

r - коэффициент корреляции

R - коэффициент регрессии

h^2 - наследуемость признака

P - вероятность безошибочного прогноза.

Тема 2: СОСТАВЛЕНИЕ И ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ВАРИАЦИОННЫХ РЯДОВ И КРИВЫХ

Цель: Изучить правила составления вариационного ряда для малой и большой выборки.

Методические указания

При характеристике количественных признаков в большой выборке производит группировку данных и их разnosку по классам, т.е. строят вариационный ряд. Вариационный ряд - это двойной ряд чисел, состоящий из классов и соответствующих частот, отражающих распределение вариантов по классам.

Для малой выборки вариационный ряд строится просто: варианты располагаются в порядке возрастания или убывания. При этом одинаковые значения вариантов записываются в вариационный ряд столько раз, сколько этот вариант встречается в выборке.

Вариационные ряды бывают двух типов: 1) прерывистые, 2) непрерывистые.

Прерывистый вариационный ряд, когда значение признака может быть выражено только целыми числами. Например, число поросят в опоросе от одной свиноматки, число животных в стаде и т.д.

Непрерывистый вариационный ряд - это такой ряд, в котором значение признака может быть выражено не только целыми, но и дробными числами.

Например, живая масса, удой, настриг шерсти и т.д.

Составление вариационного ряда разберем на примере решения задачи.

ПРИМЕР 1. Составить вариационный ряд по данным живой массы коров черно - пестрой породы ($n = 50$).

575	481	564	526	523
600	534	532	592	478
580	575	475	490	532
495	584	468	648	516
510	551	420	562	533
524	548	480	532	546
610	620	499	463	554

580	538	480	472	423
485	562	521	496	475
470	574	544	488	570

Для построения вариационного ряда необходимо:

1. Найти максимальное (X_{\max}) и минимальное (X_{\min}) значение изучаемого признака (варианты) и определить лимиты.

$X_{\min} = 420$ кг $X_{\max} = 648$ кг

$\text{lim} = X_{\max} - X_{\min} = 648 - 420 = 228$ кг

2. Исходя из объема выборки и степени точности, с которой ведется обработка, определить число классов. Считается удобным иметь следующее число классов:

При $n = 30 - 60$ вариантов - число классов 6 - 8

при $n = 61 - 100$ - число классов – 7 - 10

при $n = 101 - 200$ - число классов – 9 - 12

В нашем примере объем выборки составляет 50 вариантов, т.е. $n = 50$, значит, число классов можно взять 6, 7, 8.

3. Определить величину классового промежутка (K) по формуле:

$$K = \frac{\text{lim}}{\text{число классов}} = \frac{648-420}{8} = 30$$

Для удобства величину классового промежутка можно округлить.

4. Установить границы классов. Границы, классов могут быть любые, но обязательно в 1 класс должны войти минимальное значение признака, а в последний класс - его максимальное значение.

За нижнюю границу первого класса принимается значение минимальной варианты или ее можно округлить до ближайшего меньшего целого числа.

Чтобы найти начало второго и последующего классов нужно к началу каждого предыдущего класса прибавить величину классового промежутка (K), т.е. $420 + 30 = 450$ и т.д.

Чтобы варианта не попала на границу между двумя классами, условно обозначают к какому классу относится пограничная величина. Конец каждого класса равен началу следующего, уменьшенному на единицу степени точности, с которой ведется обработка или к нижней границе прибавляется величина классового

промежутка и отнимается степень точности, с которой ведется обработка.

5. Вычислить середину классов (W). Середина классов равна полусумме нижних границ данного и следующего классов или к нижней границе прибавляется половина величины классowego промежутка.

6. Распределить (разнести) варианты совокупности по установленным классам и определить частоту каждого класса (f). Частота - это число особей в каждом классе.

Составленный вариационный ряд (таблица 1) можно изобразить графически в виде вариационной кривой или гистограммы. Для этого на горизонтальной оси (абсцисс) откладываются границы классов, а на вертикальной оси (ординат) - частоты (f).

Таблица 1 - Вариационный ряд по живой массе коров

Границы классов	Середина классов (W)	Разноска вариантов по классам	Частота
420-449	435	••	2
450-479	465]	7
480-509	495	□	9
510-539	525	□••	12
540-569	555	□	8
570-599	585	□	8
600-629	615	••	3
630-659	645	:	1

ЗАДАНИЕ 1. Построить вариационный ряд и изобразить ее графически по данным удоя коров черно-пестрой породы за 305 дней лактации.

2900	3388	2955	3170	3145
2668	3060	3490	3142	2725
3055	2600	3059	3439	2734
3290	2953	3076	3047	2849
3511	2800	2757	2862	3518
3779	2965	2867	3174	3395
3338	2870	2797	2965	<u>3055</u>
				n = 35

ЗАДАНИЕ 2. Построить вариационный ряд и изобразить его графически по данным живой массы коров швицкой породы.

447	435	430	478	420	440	450
440	475	445	473	500	480	464
510	493	447	468	475	445	468
500	487	454	457	487	475	500
468	480	490	480	465	460	<u>463</u>

$n = 35$

ЗАДАНИЕ 3. Построить вариационный ряд и изобразить его графически по данным настрига шерсти овец советской мясо-шерстной породы.

3,9	3,5	4,2	4,7	3,8
3,5	3,1	3,7	3,0	3,5
3,0	3,4	3,8	4,2	3,1
3,9	3,9	3,1	3,2	3,1
2,8	3,6	3,0	3,7	3,7
2,9	3,4	2,9	3,3	3,4
4,0	3,4	4,0	3,6	3,5
3,1	3,1	4,1	3,9	<u>3,9</u>

$n = 40$

Тема 3: ХАРАКТЕРИСТИКА И ВЫЧИСЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СРЕДНИХ ВЕЛИЧИН

Цель: Научить студентов вычислять средние величины и анализировать их значение.

Методические указания

Для того чтобы получить характеристики не отдельных объектов, а всей группы в целом определяют среднюю величину признака.

Различают следующие основные средние величины:

1. Средняя арифметическая (\bar{X}), рассчитывается для характеристики количественных признаков.

2. Средняя геометрическая (G), применяется при определении прироста численности стада или прироста живой массы животного.

3. Средняя квадратическая (S), применяется при определении признака, характеризующего величину площади круга, объем шара.

4. Средняя гармоническая (H), применяется при определении средней скорости бега лошади, скорости молокоотдачи.

5. Мода (M_o) - наиболее часто встречающаяся варианта в совокупности.

6. Медиана (M_e) - варианта, расположенная в центре ряда и делящая его на две части.

Все средние величины характеризуются следующими свойствами:

1. Они показывают срединное значение варьирующего признака.

2. Характеризуется абстрактностью.

3. Соотношение между средним таково:

$$\bar{X}_{\min} < G < H < M_o < S < \bar{X}_{\max}$$

M_e

Вычисление средней арифметической ($n < 30$)

Основным показателем, характеризующим величину признака всей совокупности является средняя арифметическая рассчитывают по формуле:

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

где: X - простая средняя арифметическая

x - варианты

n - число особей в группе

ПРИМЕР 2. Определить среднесуточный удой коров (кг) 8, 12, 6, 15, 24.

$$X = \frac{8+12+6+15+24}{5} = \frac{65}{5} = 13 \text{ кг}$$

Вычисление средней арифметической взвешенной (X взв)

Рассчитывается для значений признака с неодинаковыми математическими значениями. Например, для определения содержания жира в молоке за лактацию, белковомолочности, т.е. это делают в тех случаях, когда значение варианты не полностью характеризует изучаемый признак и к нему вводится поправка. Эта поправка выражается объемом или математическим весом варианты.

Среднюю арифметическую взвешенную определяют по формуле:

$$X_{\text{взв}} = \frac{X_1 \cdot n_1 + X_2 \cdot n_2 + \dots + X_n \cdot n_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n} = \frac{\sum X \cdot n}{\sum n}$$

ПРИМЕР 3. Определить среднюю живую массу коров 3 хозяйств по данным.

Таблица 2. Вариационный ряд для вычисления средней живой массы коров

Показатели	1 хозяйство	2 хозяйство	3 хозяйство
Живая масса, кг	500	550	450
Количество коров	200	100	150

$$X_{\text{взв}} = \frac{500 \cdot 200 + 550 \cdot 100 + 450 \cdot 150}{200 + 100 + 150} = 495 \text{ кг}$$

Вычисление средней арифметической в больших выборках (n > 30)

При определении средней арифметической для большой выборки строится вариационный ряд, а среднюю арифметическую рассчитывают по формуле произведений:

$$X = A + K \frac{\sum f \cdot a}{n}$$

Для определения средней арифметической способом произведений необходимо:

1. Найти показатели, необходимые для построения вариационного ряда.

2. Построить вариационный ряд и разнести варианты по классам, определяя графу «f» частоты.

3. Определить условную среднюю, в качестве этого класса, берется тот класс, который занимает приблизительно центральное место в вариационном ряду или класс с наибольшей частотой. Класс, где находится условная средняя принимается за нулевой класс.

4. Определить условное отклонение «а» каждого класса от нулевого. Вверх от класса, принятого за условный нулевой, получим натуральный ряд отрицательных чисел (- 1, - 2, - 3 и т.д.), вниз - натуральный ряд положительных чисел (+ 1, + 2, + 3 и т.д.) в зависимости от числа классов.

5. Вычислить произведение частоты на отклонение от условной средней для каждого класса и их сумму.

ПРИМЕР 4. Вычислить среднюю арифметическую живой массы телят при рождении.

20	28	29	25
45	50	33	27
48	49	42	34
26	44	30	29
48	23	23	34
28	35	48	34
45	38	32	40
44	31	46	<u>43</u>
n = 32			

$$X_{\min} = 20\text{кг}; \quad X_{\max} = 50\text{кг};$$

$$\text{lim} = 50 - 20 = 30$$

$$K = \frac{30}{7} = 5$$

Таблица 3 - Вариационный ряд для вычисления средней живой массы телят

Граница классов	Середина классов (w)	f	a	f a
20-24	22,5	3	-2	-6
25-39	27,5	7	-1	-7
A 30-34	32,5	7	0	0
35-39	37,5	2	1	2
40-44	42,5	5	2	10
45-49	47,5	7	3	21
50-54	52,5	1	4	4
		$\sum f = 32$		$\sum f a = 24$

$$X = 32,5 + 5 \frac{24}{32} = 36,25 \text{ кг}$$

ЗАДАНИЕ 1. Имеются надои молока по 3 бригадам. Определить средний надой по хозяйству в целом.

Бригада №1 - средний надой 3000 кг, (n1 = 300 коров)

Бригада №2 - средний надой 4000 кг, (n2 = 200 коров)

Бригада №3 - средний надой 5000 кг, (n3 = 100 коров)

ЗАДАНИЕ 2. Определить средний настриг шерсти баранчиков северо - кавказской породы по данным:

3,7	4,0	5,0	4,0	2,9
3,5	3,5	4,3	4,0	3,7
4,5	2,8	3,0	4,8	4,3
3,7	3,5	3,7	4,0	5,2
4,5	4,3	4,2	5,5	3,3
4,0	3,8	3,6	3,8	3,7
5,0	4,5	4,7	3,5	<u>4,0</u>
$n = 35$				

ЗАДАНИЕ 3. Определить среднюю арифметическую живой массы ярок советской мясо - шерстной породы по следующим данным:

50	50	46	43	48	46
50	54	53	46	44	<u>48</u>

$n = 12$

ЗАДАНИЕ 4. Определить среднюю арифметическую суточного удоя коров швицкой породы по следующим данным:

13	11	8	9	11	17	13
15	14	7	13	14	17	15
18	17	10	14	13	15	
11	13	14	14	13	15	
8	10	17	10	15	<u>10</u>	

$n = 32$

Тема 4: ПОКАЗАТЕЛИ ИЗМЕНЧИВОСТИ (РАЗНООБРАЗИЯ) ПРИЗНАКОВ.

Цель: Изучить показатели изменчивости признаков и методы их расчета.

Методические указания

Средняя арифметическая показывает только среднюю величину признака, не указывая на степень его разнообразия, т. е. насколько разнообразны, насколько неодинаковы особи между собой.

Для суждения о степени изменчивости, или вариабильности признаков в биометрии наиболее часто используются следующие показатели:

1. Лимит (lim) или разница между максимальным и минимальным значениями признака в выборке, является наиболее простым, но наиболее точным способом количественного выражения степени изменчивости этого признака.

2. Дисперсия или варианса (σ^2) указывает на степень разнообразия показателя у членов совокупности, по сравнению с \bar{X} данного ряда.

Дисперсия выражает изменчивость через средний квадрат отклонения каждого члена совокупности от \bar{X} данной выборки.

3. Среднее квадратическое или стандартное отклонение (σ) - является основным показателем изменчивости. Этот показатель учитывает отклонение каждой особи от средней арифметической, вычисленной для данной совокупности.

Сигма (σ) - величина именованная, имеет то же наименование, что и изучаемый признак (кг, см, г, т.д.).

Колеблется в пределах $\pm 3 \sigma$.

4. Коэффициент вариации (изменчивости) - (C_v) - применяется для сравнения степени изменчивости разноименных признаков. Он представляет собой отношение к среднему арифметическому, выраженное в процентах.

5. Нормированное отклонения (t_n) - это показатель, характеризующий отдельную варианту, или группу вариантов. Показывает отклонение каждой варианты в отдельности от среднего арифметического и выражается в долях σ .

Вычисление показателей изменчивости в малых выборках

ПРИМЕР 5. Вычислить показатели изменчивости суточного удоя 10 коров.

$$\begin{array}{ccccc} 17 & 13 & 14 & 17 & 20 \\ 15 & 9 & 12 & 23 & \underline{20} \\ & & & & n = 10 \end{array}$$

$$\text{lim} = 23 - 9 = 14 \text{ кг}$$

Для вычисления σ данные удоя обрабатывают по схеме, приведенной в таблице 4.

Таблица 4. Удой молока и его отклонения

x	x-X	(x-X) ²
17	+1	1
15	-1	1
13	-3	9
9	-7	49
14	-2	4
12	-4	16
17	+1	1
23	+7	49
20	+4	16
20	+4	16

$$\sum x = 160 \quad \sum (x-X) = 0 \quad \sum (x-X)^2 = 162$$

$$X = \frac{\sum x}{n} = \frac{160}{10} = 16 \text{ кг}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{162}{10-1}} = 4,2$$

$$C_v = \frac{\sigma \cdot 100}{X} = \frac{4,2 \cdot 100}{16} = 26,2 \%$$

$$t_{\text{HI}} = \frac{17-16}{4,2} = 0,23$$

Вычисление показателей изменчивости в больших выборках

Для расчета среднего квадратического отклонения для большой выборки производятся те же действия, что и для средней арифметической и при построении вариационного ряда добавляется графа « $f \cdot a^2$ » - произведение частоты на квадрат условного отклонения.

В большой выборке среднее квадратическое отклонение рассчитывается по формуле:

$$\sigma = K \sqrt{\frac{\sum f \cdot a^2}{n} - \left(\frac{\sum f \cdot a}{n}\right)^2}$$

ПРИМЕР 6. Разберем расчет показателей изменчивости в большой выборке на примере решения задачи по живой массе телят при рождении (пример 4). Для этого перечертим вариационный ряд с добавлением графы « $f \cdot aI$ » (таблица 5).

Таблица 5. Показатели изменчивости по живой массе и телят

Границы классов	Середина класс	f	a	f · a	f · aI
20-24	22,5	3	-2	-6	12
25-39	27,5	7	-1	-7	7
A 30-34	32,5	7	0	0	0
35-39	37,5	2	1	2	2
40-44	42,5	5	2	10	20
45-49	47,5	7	3	21	63
50-54	52,5	1	4	4	16

$$\sum f \cdot a = 24 \quad \sum f \cdot a^2 = 120$$

$$X = 32,5 + 5 \cdot \frac{24}{32} = 36,25 \text{ кг}$$
$$\sigma = 5 \sqrt{\frac{120}{32} - \left(\frac{24}{32}\right)^2} = 9 \text{ кг}$$

$$C_v = \frac{9 \cdot 100}{36,25} = 25 \%$$

$$t_{HI} = \frac{20 - 36}{9} = 1,77$$

ЗАДАНИЕ 1. Определить среднюю арифметическую и показатели изменчивости живой массы свиней крупной белой породы по следующим данным:

32	35	43	49	46	47	52
44	51	52	46	48	48	42

ЗАДАНИЕ 2. Вычислить показатели изменчивости яйценоскости кур по следующим данным:

225	193	271	208	221	212	242
213	179	200	203	201	230	251
190	190	191	201	200	210	200
234	171	207	205	200	183	194
212	175	180	181	256	175	<u>183</u>
						n = 35

ЗАДАНИЕ 3. Определить среднюю арифметическую и показатели изменчивости длины шерсти овец советской мясо-шерстной породы по данным:

16,5	15,4	16,5	17,5	14,5	17,5
13,5	13,5	17,5	16,0	13,0	19,0
12,0	15,0	18,0	13,0	17,5	17,0
11,3	17,0	13,0	10,5	13,0	
18,5	18,5	17,5	11,5	18,5	
19,3	16,0	15,0	9,5	<u>17,0</u>	
					n = 33

Тема 5: ОШИБКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ.

Цель: Дать понятие ошибок репрезентативности, их причин и изучить методы их расчета.

Методические указания

Изучаемая выборка, являясь частью генеральной совокупности и составленная по принципу случайности, обладает свойствами репрезентативности, т.е. она характеризует генеральную совокупность с определенной точностью и достоверностью. Вследствие этого возникают ошибки, называемые ошибками репрезентативности, т.е. ошибки, возникающие при характеристике генеральной совокупности, показателями полученными при изучении выборки.

Следовательно, именно выборочный метод обследования является источником статистических ошибок. В связи с этим, вычисленные по выборке статистические величины \bar{X} , σ , C_v , будут в некоторой степени отличаться от этих значений, которые были бы получены для генеральной совокупности.

Ошибку статистических параметров обозначают буквой «m», у которой подстрочно указывают, для какой величины она вычислена.

Ошибка зависит от изменчивости и численности выборки. Чем больше изменчивость, и тем больше ошибка. Чем больше численность выборки, тем меньше ошибка средних величин.

Вычисление статистических ошибок

Ошибка средней арифметической: а) $n < 30$

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

б) $n > 30$

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

Обычно среднюю арифметическую записывают с ее ошибкой т.е.

$$\bar{X} \pm m_x$$

Ошибка среднего квадратического отклонения:

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

Ошибка коэффициента вариации

$$m_{cv} = \frac{Cv}{\sqrt{2 \cdot n}}$$

Ошибка коэффициента корреляции:

а) $n < 30$

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

б) $n > 30$

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

Ошибка коэффициента регрессии:

$$m_R = m_r \cdot \frac{\sigma_r}{\sigma_1}$$

Статистические ошибки выборочных показателей используют для определения их достоверности. Это осуществляется путем вычисления так называемого критерия достоверности - t. Величина t вычисляется путем деления выборочного параметра на его статистическую ошибку. Для средней арифметической вычисляют по формуле:

$$t_x = \frac{\bar{X}}{m_x}$$

По величине t судят о достоверности данного статистического параметра, основываясь на связи этой величины с уравнением вероятности (P).

ПРИМЕР 7. По нижеприведенным данным рассчитать ошибки статистических параметров содержания жира в молоке коров красной степной породы:

$$X = 3,6 \% \quad \sigma = 0,19 \% \quad C_v = 4,8 \% \quad n = 100$$

$$m_{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{2 \cdot n}} = \frac{0,19}{\sqrt{2 \cdot 100}} = 0,01 \%$$

$$m_{cv} = \frac{C_v}{\sqrt{2 \cdot n}} = \frac{4,86}{\sqrt{2 \cdot 100}} = 0,34 \%$$

$$m_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,19}{\sqrt{100}} = 0,019 \%$$

ЗАДАНИЕ 1. Вычислить основные статистические параметры живой массы ярок по данным:

33	38	40
37	40	47
35	47	36
34	37	43
33	39	<u>48</u>
n = 15		

ЗАДАНИЕ 2. Определить X , σ , C_v , m_x , m_{σ} и m_{cv} по данным настрига шерсти овец северо - кавказской породы:

3,7	3,9	3,7	3,5
2,5	4,2	4,0	2,8
3,6	3,7	4,0	2,9
4,9	3,7	4,7	<u>3,3</u>
n = 16			

Тема 6: ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ РАЗНОСТИ МЕЖДУ СРЕДНИМИ АРИФМЕТИЧЕСКИМИ СРАВНИВАЕМЫХ ГРУПП

Цель: Изучить определение достоверности и уровня вероятности при сравнении двух групп или пород животных.

Методические указания

Во многих производственных и научных исследованиях возникает необходимость сравнить средние арифметические двух групп животных, например, подопытная и контрольная, сравнение потомства различных производителей, животных различных пород и т.д. При этом сравнение проводят по величине средних арифметических, полученных для каждой группы. Средние двух сравниваемых групп всегда в некоторой мере отличаются друг от друга. Поэтому важно, установить, достоверна, ли разность между средними. Достоверность разности обуславливается 3 факторами:

- 1) объем выборки
- 2) разнообразие признака
- 3) величина разности

Достоверность разности определяют по формуле:

$$td = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{m^2 x_1 + m^2 x_2}}$$

Полученное значение сравнивается со стандартным значением критерия, определяемым по таблице Стьюдента (таблица 6).

Если $td \geq t_{\text{таб}}$, то разность достоверна с определенной надежностью.

Разность достоверна - это значит, что полученная достоверная разность между выборочными показателями будет получена и между соответствующими генеральными параметрами.

Если разность недостоверна ($td < t_{\text{таб}}$) это значит, что различие между группами не существенно. В таблице Стьюдента даны 3 порога достоверности: $P = 0,95$; $P = 0,99$; $P = 0,999$.

Если критерий достоверности разности равен или превышает первый порог ($P = 0,95$), то это значит, что разность между группами достоверна с надежностью не менее 95 случаев из 100.

Если критерий превышает второй и третий порог, то разность

достоверна с высокой степенью надежности (99 случаев из 100, или 999 случаев из 1000).

Таблица 6 - Стандартные значения критерии Стьюдента

Число степ. свободы, v	Вероятность, Р			Число степ. свободы, v	Вероятность, Р		
	0,95	0,99	0,999		0,95	0,99	0,999
1	12,7	63,66	-	16	2,12	2,92	4,02
2	4,3	9,93	31,6	17	2,11	2,9	3,97
3	3,18	5,84	12,94	18	2,10	2,88	3,92
4	2,78	4,6	8,61	19	2,09	2,86	3,88
5	2,57	4,03	6,86	20	2,09	2,85	3,85
6	2,45	3,71	5,96	21	2,08	2,83	3,82
7	2,37	3,5	5,41	22	2,07	2,82	3,79
8	2,31	3,36	5,04	23	2,07	2,81	3,77
9	2,26	3,25	4,78	24	2,06	2,8	3,75
10	2,23	3,17	4,59	25	2,06	2,79	3,73
11	2,2	3,11	4,44	26	2,06	2,78	3,71
12	2,18	3,06	4,32	27	2,05	2,77	3,69
13	2,16	3,01	4,22	28	2,05	2,76	3,67
14	2,15	2,98	4,17	29	2,05	2,76	3,66
15	2,13	2,95	4,07	30	2,04	2,75	3,65
				∞	1,96	2,58	3,29

ПРИМЕР 8. Сравнить по живой массе индеек двух пород:

1. $X_1 = 4,1$ кг $m_{x1} = 0,1$ $n_1 = 100$
2. $X_2 = 24,7$ кг $m_{x2} = 0,1$ $n_2 = 100$

$$td = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{m_{x1}^2 + m_{x2}^2}} = \frac{4,7 - 4,1}{\sqrt{0,1^2 + 0,1^2}} = 4,3$$

$$t_{таб} = \left\{ \begin{array}{ccc} P1 = 0,95 & P2 = 0,99 & P3 = 0,999 \\ 2,0 & 2,6 & 3,3 \end{array} \right\}$$

$$td > t_{таб}$$

ЗАДАНИЕ 1. Вычислить средний удой коров черно-пестрой (X_1) и красной степной (Y) пород, показатели изменчивости и их статистические параметры. Сравнить между собой коров этих пород по удою и установить достоверность полученной разности.

X	y
2305	2557
2884	2475
2300	2350
2952	3247
3006	3347
3200	2248
3185	2540
3596	<u>3157</u>
2748	n = 8
<u>3345</u>	
n = 10	

ЗАДАНИЕ 2. Сравнить между собой живую массу дочерей (X_1) и матерей (X_2) коров по данным:

$$X_1 \pm m_{x1} = 530 \pm 10, n_2 = 20$$

$$X_2 \pm m_{x2} = 500 \pm 12, n_2 = 20$$

Тема 7: ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ПРИЗНАКАМИ.

Цель: Изучение степени и направления связи между признаками и методов их расчета.

Методические указания

Коэффициент корреляции

В природе широко распространено явление связи между отдельными признаками. Связи и зависимости могут быть функциональными и корреляционными.

В функциональных связях определенному значению одного признака всегда соответствует одно или несколько определенных значений другого признака.

В корреляционных связях каждому значению признака соответствует несколько значений другого признака. Явления корреляции определяются многими причинами как генетического, так и паратипического порядка.

Корреляция - взаимная связь между признаками. По направлению корреляция может быть положительной, или прямой, отрицательной или обратной. По форме - прямолинейной и криволинейной.

При положительной корреляции с увеличением значения одного признака увеличивается значение другого признака. Например, с увеличением размера тела животного увеличивается его живая масса. При отрицательной корреляции с увеличением значения одного признака другой уменьшается. Например, при увеличении удоя молока жирность его снижается.

Корреляция является прямолинейной, когда направления связи между признаками и графически и аналитически выражается прямой линией.

При криволинейном типе связи с увеличением одного признака другой сначала увеличивается, а затем уменьшается. Коэффициент корреляции выражает связь между признаками в относительных единицах, а именно десятичной дробью от 0 до ± 1 .

Принято считать связь слабой, если $r = 0,2 - 0,3$; средней при $r = 0,5$ и высокой $r > 0,7$.

Наличие у коэффициента корреляции знака « - » или « + » указывает на направление связи. Если $r = 0$, то это указывает на отсутствие связи между изучаемыми признаками.

Вычисление коэффициента фенотипической корреляции в малых выборках.

Для вычисления коэффициента фенотипической корреляции в малых выборках применяют одну из следующих формул:

$$1. \quad r = \frac{\sum x \cdot y - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sqrt{C_x \cdot C_y}}$$

$$2. \quad r = \frac{C_x + C_y - C_d}{2 \cdot \sqrt{C_x \cdot C_y}}$$

где: X и Y - значение вариант первого и второго признака

C - сумма квадратов центральных отклонений, вычисляемая по формуле:

$$C_x = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \quad C_y = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \quad C_d = \sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}$$

ПРИМЕР 9. Вычислить коэффициент фенотипической корреляции между жирномолочностью дочерей и их матерей.

В первые две графы таблицы 7 вписываем данные по каждому животному:

X - процент жира в молоке дочерей

Y - процент жира в молоке матерей

Для определения r заполняем последующие графы таблиц, выполняем соответствующие вычисления, суммируем их и вычисляем по формулам C_x , C_y , r .

$$\sum X = 35,7 \quad \sum Y = 34,3 \quad \sum X \cdot Y = 123,37 \quad \sum X^2 = 128,17 \quad \sum Y^2 = 118,99$$

$$X_x = 3,57 \% \quad X_y = 3,43 \%$$

$$C_x = 128,17 - \frac{35,7^2}{10} = 0,77$$

$$C_y = 118,99 - \frac{34,3^2}{10} = 1,34$$

$$r = \frac{123,37 - \frac{85,7 \cdot 84,8}{10}}{\sqrt{0,77 \cdot 1,34}} = 0,96$$

Таблица 7 - Схема вычисления коэффициента корреляции

№ п/п	X	Y	X · Y	X ²	Y ²
1	3,5	3,4	11,9	12,25	11,56
2	3,8	3,8	14,44	14,44	14,44
3	3,9	4,0	15,6	15,21	16,0
4	3,3	3,0	9,9	10,89	9,0
5	3,7	3,7	13,69	13,69	13,69
6	3,4	3,0	10,2	11,56	9,0
7	3,6	3,5	12,6	12,96	12,25
8	4,0	3,8	15,2	16,0	14,14
9	3,4	3,1	10,54	11,56	9,61
10	3,1	3,0	9,3	9,61	9,0

Вычисляем ошибку коэффициента корреляции:

$$m_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{1-0,96^2}{10-2}} = 0,1$$

Вычисление коэффициента корреляции в больших выборках

В больших выборках коэффициент корреляции вычисляется при помощи построения корреляционной решетки по формуле:

$$r = \frac{\sum f \cdot a_x \cdot a_y - B_x \cdot B_y \cdot n}{\sigma_x \cdot \sigma_y \cdot n}$$

где: a_x - отклонение от условной средней по первому признаку

a_y - отклонение по второму признаку

B_x, B_y - поправки для каждого признака

σ_x, σ_y - среднее квадратичное отклонение по каждому признаку, взятое в относительных единицах, т.е. без умножения на величину классового промежутка (K_x и K_y).

Корреляционная решетка состоит из двух вариационных рядов, составленных по двум сопряженным признакам.

Выборка распределяется в вариационных рядах таким образом, чтобы частоты у них оказались общими, соответствующими парным значениям классов коррелируемых признаков.

X - удой	У - живая масса
n = 100	n = 100
X _{max} = 4100	У _{max} = 570
X _{min} = 1302	У _{min} = 287
K = 300	K = 30

Обработка материала и вычисление коэффициента корреляции проводится в следующем порядке:

1. Определить количество классов и найти границы классов по одному и отдельно по другому признаку.

2. Построить корреляционную решетку таким образом, чтобы в верхней строке и в первом левом столбце располагались классы вариационных рядов (таблица 8). Число столбцов и строк решетки равно числу классов одного и другого вариационных рядов.

3. Развести варианты совокупности по клеткам корреляционной решетки с учетом обоих признаков. Частоты проставить числами.

4. К корреляционной решетке справа и снизу добавить по 4 строки и проставить .

5. Найти условные средние по двум вариационным рядам.

6. К каждому из вариационных рядов найти отклонения (a), $f \cdot a$, $f \cdot a^2$.

7. Найти суммы: $\sum fa$ и $\sum f \cdot a^2$ по X и Y

$$\sum f \cdot a_x = -43 \quad \sum f \cdot a_x^2 = 399$$

$$\sum f \cdot a_y = 188 \quad \sum f \cdot a_y^2 = 912$$

8. Вычислить поправки по X и по Y.

ПРИМЕР 10. Вычислить коэффициент корреляции между удоем и живой массой коров красной степной породы

х – у	х - у	х - у	х - у
1	2	3	4
2325-327	3300-540	1918-350	2680-520
2310-344	3130-510	1302-306	2150-410
1661-302	1500-320	2327-365	3040-570
2035-394	2650-415	2688-420	2850-420
2850-420	2780-430	2131-340	2650-398
2274-370	2389-320	2901-430	2780-460

2784-409	3219-560	2151-345	2500-410
1	2	3	4
1523-311	2803-470	1730-314	3300-480
1838-345	1800-320	1820-360	3200-450
1984-360	2385-425	2450-398	3400-480
1775-340	2820-434	3400-480	3500-470
2700-460	2625-390	2840-515	2200-350
2241-370	3700-570	2696-450	2800-430
3340-530	1500-330	2615-420	2950-454
2800-480	2600-420	2510-380	3270-520
2300-390	2750-400	2715-470	3500-540
1954-314	3100-470	2103-360	3800-570
2046-352	1937-329	2020-398	3300-530
2323-384	2630-409	2161-415	
1710-354	2493-396	2403-368	
1800-330	2600-384	2483-420	
2164-350	2600-420	2016-360	
1384-289	1950-360	2715-500	
2280-390	1390-287	2878-520	
2540-420	2523-395	2431-350	
2900-450	1815-337	2730-470	
3150-490	2133-339	2540-430	

$$B_x = \frac{\sum f \cdot a_x}{n} = \frac{-43}{100} = -0,43 \quad B_y = \frac{\sum f \cdot a_y}{n} = \frac{188}{100} = 1,88$$

9. Вычислить среднее квадратическое отклонение по двум признакам:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum f \cdot a_x^2}{n} - B_x^2} = \sqrt{\frac{399}{100} - 0,18} = 1,95$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum f \cdot a_y^2}{n} - B_y^2} = \sqrt{\frac{912}{100} - 3,53} = 2,36$$

10. Найти по каждому квадрату произведение частоты на отклонение по X и Y и их сумму - $\sum f \cdot a_x \cdot a_y$

1. $2 \cdot 2 \cdot (-2) = -8$
- $2 \cdot 2 \cdot (-2) = -4$
- $2 \cdot 2 \cdot (-1) = -4$
- $7 \cdot 1 \cdot (-1) = -7$

$$\begin{array}{l}
2. \quad 1 \cdot 6 \cdot 1 = 6 \\
1 \cdot 5 \cdot 1 = 5 \\
4 \cdot 4 \cdot 1 = 4 \\
5 \cdot 3 \cdot 1 = 15 \\
2 \cdot 2 \cdot 1 = 4 \\
1 \cdot 7 \cdot 2 = 14 \\
4 \cdot 6 \cdot 2 = 48 \\
2 \cdot 5 \cdot 2 = 20 \\
1 \cdot 4 \cdot 2 = 8 \\
1 \cdot 3 \cdot 2 = 6 \\
1 \cdot 6 \cdot 3 = 18 \\
3 \cdot 4 \cdot 3 = 36 \\
2 \cdot 7 \cdot 4 = 56 \\
1 \cdot 7 \cdot 5 = 35
\end{array}$$

$$297$$

$$\begin{array}{l}
3. \quad 3 \cdot (-1) \cdot (-4) = 12 \\
3 \cdot (-2) \cdot (-4) = 24 \\
4 \cdot (-1) \cdot (-3) = 12 \\
1 \cdot (-2) \cdot (-3) = 6 \\
3 \cdot (-1) \cdot (-2) = 6 \\
2 \cdot (-1) \cdot (-2) = 2
\end{array}$$

$$62$$

$$\sum f \cdot a_x \cdot a_y = -23 + 297 + 62 = 336$$

11. Вычислить коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\sum f \cdot a_x \cdot a_y - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{n \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y} = \frac{336 \cdot 100 \cdot (-0,43) \cdot 1,88}{100 \cdot 1,95 \cdot 2,36} = 0,9$$

Вычисление коэффициента регрессии

Коэффициент регрессии - это величина, которая показывает насколько в среднем изменится второй признак, при изменении первого на единицу.

Регрессия - тенденция возврата к среднему. Эта величина именованная. Коэффициент регрессии может иметь два значения, т.е. показывать изменение признака X по Y или наоборот Y по X.

Таблица 8 - Корреляционная решетка

Жи- вая масса	Удой молока										f_y	a_y	$f \cdot a_y$	$f \cdot a_y^2$
	1300 1599	1600 1899	1900 2199	2200 2499	2500 2799	2800 3099	3100 3399	3400 3699	3700 3999	4000 4299				
550- 579							1		2	1	4	7	28	196
520- 549					1	1	4	1	-		7	6	42	252
490- 519					1	1	2				4	5	2	100
460- 489		I			3	4	1	3	II		11	4	44	176
430- 459					3	5	1				9	3	27	81
400- 429			2	2	10	2					16	2	32	64
370- 399			2	7	6						15	1	15	15
340- 369		4	9	5							18	-	-	-
310- 399	3	4	3	2				IV			12	-1	-12	12
280- 309	3	1	III								4	-2	-8	16
f_x	6	9	16	16	24	13	9	4	2	1	100			
a_x	- 4	- 3	- 2	- 1	-	1	2	3	4	5				
$f_x \cdot a_x$	- 24	- 27	- 32	- 16	-	13	18	12	8	5	-43			
$f_x \cdot a_x^2$	96	81	64	16	-	13	36	36	32	25	399			

Коэффициент регрессии вычисляется по формуле:

$$R_{x/y} = r \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \quad \text{или} \quad R_{x/y} = r \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$$

В формулах среднее квадратическое отклонение (σ) берется как абсолютная, с учетом величины классового промежутка.

ПРИМЕР 11. Требуется определить:

1. На сколько нужно повысить живую массу коров, чтобы удой коров повысился на 1 кг?

2. На сколько увеличится удой коров при увеличении живой массы на 1 кг?

$$r = 0,9 \quad \sigma_x = 1,95 \text{ (по удою)} \quad K_k = 300$$

$$\sigma_y = 2,36 \text{ (по ж/м)} \quad K_y = 30$$

$$R_{x/y} = 0,9 \cdot \frac{1,95 \cdot 300}{2,36 \cdot 30} = 0,690$$

ВЫВОД: Чтобы повысить удой на 1 кг нужно увеличить живую массу на 0,690 кг

$$R_{y/x} = 0,9 \cdot \frac{2,36 \cdot 30}{1,95 \cdot 300} = 1,080$$

ВЫВОД: При увеличении живой массы на 1 кг удой повысится на 1,080 кг.

В малых выборках коэффициент регрессии вычисляется по формулам:

$$R_{x/y} = \frac{\sum x \cdot y - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}} \quad R_{y/x} = \frac{\sum x \cdot y - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

Вычисленные показатели связи являются статистическими величинами, приемлемыми для оценки популяций, а не отдельных животных. Они касаются лишь той части особей популяции, для которых были вычислены, их нельзя считать общепринятыми для популяции, породы в целом, для всех условий разведения.

ЗАДАНИЕ 1. Определить коэффициент корреляции и регрессии жирномолочности дочерей (X) коров и их матерей (Y) по следующим данным:

X	3,4	3,6	4,0	3,4	3,1	3,5	3,8	3,9	3,3
Y	3,0	3,5	3,8	3,1	3,0	3,4	3,9	4,0	3,0

ЗАДАНИЕ 2. Определить коэффициент корреляции и регрессии между настригом шерсти и живой массой овец советской мясо - шерстной породы по следующим данным:

4,5 – 51	3,8 - 45	4,9 - 51	5,1 - 56	4,8 - 51
4,3 - 50	3,9 - 40	4,0 - 46	5,2 - 50	3,9 - 40
4,9 - 48	4,7 - 56	4,1 - 44	4,8 - 58	4,3 - 45
4,2 - 40	3,9 - 41	3,5 - 40	4,3 - 46	3,7 - 40
4,0 - 43	4,0 - 41	3,5 - 40	4,1 - 43	
3,9 - 41	4,4 - 48	4,4 - 40	4,9 - 59	
5,5 - 60	4,0 - 40	4,2 - 45	4,6 - 58	
5,5 - 60	4,4 - 45	4,9 - 53	<u>4,7 - 46</u>	
n = 36				

Вычисление коэффициента генетической корреляции

Генетическая корреляция - это корреляция между отдельными признаками у родственных животных (связь удоя у матери и дочери, настриг шерсти у отца и сына и т.д.).

С помощью генотипической корреляции вычисляют селекционные индексы, которые применяются при создании эффективного сочетания желательных признаков, а также оценивают аддитивное наследование и эпистаз. Она указывает на изменение вторичных признаков при селекции первичных признаков.

Л. Н. Хейзелем предложены следующие формулы коэффициента генотипической корреляции:

$$R_{G^{xy}} = \sqrt{\frac{r_{xy'} \cdot r_{x'y}}{r_{xx'} \cdot r_{yy'}}} \quad r_{G^{xy}} = \sqrt{\frac{R_{xy'} \cdot R_{x'y}}{R_{xx'} \cdot R_{yy'}}}$$

где: x и y - два признака у дочерей;

x' и y' - два этих же признака у матерей;

r_{xy} ; $r_{x'y}$ - коэффициенты фенотипических корреляции;

$r_{xx'}$; $r_{yy'}$ - коэффициенты фенотипических корреляции и между одним и тем же признаком у дочерей и матерей;

$R_{xx'}$; $R_{yy'}$ - коэффициент регрессии между одноименными признаками дочерей и матерей:

$R_{xy'}$; $R_{x'}$ - коэффициенты регрессии между одним признаком дочерей и другим признаком матерей.

ПРИМЕР 12. Определить коэффициент генетической корреляции между относительной массой белка и яйценоскостью кур русской белой породы, если показатели фенотипических корреляции равны:

$$r_{xx'} = +0,42 \quad r_{yy'} = 0,65$$

$$r_{xy'} = -0,23 \quad r_{x'y} = -0,26$$

где: xx' - относительная масса белка у матерей и дочерей;

yy' - яйценоскость матерей и дочерей.

В тех случаях, когда один из показателей фенотипической корреляции отрицательный, рекомендуется пользоваться такой формулой:

$$r_{G_{xy}} = \frac{(r_{xy'} + r_{x'y}) : 2}{\sqrt{r_{xx'} \cdot r_{yy'}}} = \frac{((0,23) + (-0,26)) : 2}{\sqrt{0,42 \cdot 0,65}} = -0,47$$

$$r_{G_{xy}} = \frac{((0,23) + (-0,26))^2}{\sqrt{0,42 \cdot 0,65}} = -0,47$$

ЗАДАНИЕ 1. Вычислить коэффициент генетической корреляции между содержанием белка в молоке дочерей и матерей по следующим данным:

$$r_{xx'} = 0,65 \quad r_{xy'} = 0,73$$

$$r_{yy'} = 0,80 \quad r_{x'y} = 0,05$$

Тема 8: КРИТЕРИЙ СООТВЕТСТВИЯ ХИ-КВАДРАТ (χ^2)

Цель: Освоение метода хи - квадрат, использование его при решении задач.

Методические указания

Критерий соответствия хи - квадрат используется при проверке гипотез путем сравнения фактического распределения с теоретическим.

Использование статистических ошибок для сравнения выборочных параметров разных рядов основывается на принципах нулевой гипотезы, которая предполагает, что между сопоставляемыми совокупностями (выборками) достоверных различий нет. Нулевая гипотеза или должна быть отвергнута или она остается в силе.

Критерием этих суждений служит уровень значимости (P или p). Критерий соответствия хи - квадрат используется при сравнении частот двух эмпирических рядов с теоретическими, при проверке различных гипотез и др.

Критерий хи- квадрат вычисляется по формулам:

$$\chi^2 = \frac{(O-E)^2}{E} \quad \chi^2 = \frac{((O-E) - \frac{1}{2})^2}{E}$$

где: O - наблюдаемое число особей

E - теоретически ожидаемое число особей

$\frac{1}{2}$ поправка Йетса

ПРИМЕР 13. Спаренные между собой помеси первого поколения от черных гемпширских свиней и красного джорк - джерсейского хряка. Среди помесного потомства были 81 поросенок черной - масти и 26 - красной. При нулевой гипотезе ожидается расщепление по масти в отношении 3 черных: 1 красный. Вычислить критерий хи- квадрат и оценить согласие между наблюдаемыми и ожидаемыми данными.

Для вычисления χ^2 данные обрабатывают по схеме (таблица 9).

При оценки согласия пользуются тремя уровнями значимости: $P = 0,05$, $P = 0,01$ и $P = 0,001$ для которых имеются стандартные значения хи-квадрат (таб. 10).

Если вычисленная величина хи-квадрат меньше табличной графы $P = 0,05$, то соответствие наблюдаемых данных с ожидаемыми считается установленным. Величина хи-квадрат зависит от числа степеней свободы ($n-1$).

Таблица 9 - Пример вычисления χ^2

Класс	Наблюдаемые данные (O)	Ожидаемые данные (E)	O-E	(O-E) ²	$\frac{(O-E)^2}{E}$
Доминантный	81	80,25	0,75	0,56	0,0070
Рецессивный	26	26,75	-0,75	0,56	0,201

$$\sum O = 107 \quad \sum \frac{(O-E)^2}{E} = 0,208$$

Таблица 10 - Стандартные значения χ^2 при разных уровнях вероятности

Степень свободы (v)	Уровень вероятности			Степень свободы (v)	Уровень вероятности		
	0,05	0,01	0,001		0,05	0,01	0,001
1	3,8	6,6	10,8	26	38,9	45,6	54,1
2	6,0	9,2	13,8	27	40,1	47	55,5
3	7,8	11,3	16,3	28	41,3	48,3	56,9
4	9,5	13,3	18,5	29	42,6	49,6	58,3
5	11,1	15,1	20,5	30	43,8	50,9	59,7
6	12,6	16,8	22,5	32	46,2	53,5	62,4
7	14,1	18,5	24,3	34	48,6	56	65,2
8	15,5	20,1	26,1	36	51,0	58,6	67,9
9	16,9	21,7	27,9	38	53,4	61,1	70,7
10	18,3	23,2	29,6	40	55,8	63,7	73,4
11	19,7	24,7	31,3	42	58,1	66,2	76,1
12	21	26,2	32,9	44	60,5	68,7	78,7
13	22,4	27,7	34,5	46	62,8	71,2	81,4
14	23,7	29,1	36,1	48	65,2	73,7	84,0
15	25	30,6	37,7	50	67,5	76,2	86,7
16	26,3	32	39,3	55	73,3	82,3	93,2
17	27,6	33,4	40,8	60	79,1	88,4	99,6
18	28,9	34,8	42,3	65	84,8	94,4	106,0
19	30,1	36,2	43,8	70	90,5	100,4	112,3
20	31,4	37,6	45,3	75	96,2	106,41	118,5
21	32,7	38,9	46,8	80	101,9	112,3	124,8

22	33,9	40,3	48,3	85	107,5	118,2	131,0
23	35,2	41,6	49,7	90	113,1	124,1	137,1
24	36,4	43,0	51,2	95	118,7	130,0	143,3
25	37,7	44,3	52,6	100	124,3	135,8	149,4

В нашем примере число степеней свободы на единицу меньше числа классов. В опыте имеются два класса, число степеней свободы равно 1 (3,8; 6,6; 10,8). Вычисленное значение хи-квадрат значительно меньше табличных.

Следовательно, наблюдаемое в опыте расщепление соответствует ожидаемому, а поэтому нулевая гипотеза, т.е. расщепление в соотношении 3:1, остается в силе.

ЗАДАНИЕ 1. От кур с листовидным гребнем и гетерозиготного петуха с розовидным гребнем получено 106 цыплят с розовидным и 120 с листовидным гребнем. При нулевой гипотезе в потомстве ожидается расщепление в соотношении 1: 1. Вычислить критерий хи-квадрат и оценить согласие между наблюдаемыми и ожидаемыми расщеплениями.

ЗАДАНИЕ 2. При испытании нового антибиотика на кроликах, больных пневмонией, получены следующие результаты: из больных, принимавших антибиотик, выжило - 65, пало - 25, из неполучивших антибиотик, выжило - 35, пало - 25. Оценить эффективность применения препарата.

Тема 9: ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Цель: Освоение метода дисперсионного анализа и приобретение навыка по использованию этого метода при решении селекционных вопросов.

Методические указания

Задачей дисперсионного анализа является определения доли влияния на варьирующий признак каждого учтенного и неучтенного (или случайного) фактора, а также установить, достоверно ли это влияние на изменчивость или недостоверно. Дисперсионный анализ используется в генетике и селекции при исследовании многих вопросов, в частности, при оценке производителей по качеству потомства, определении наследуемости и т.д. Разнообразие признаков, их варьирование вокруг средней арифметической зависит от многих факторов, от комплекса факторов. Часто возникает необходимость установить, какая доля общего разнообразия признака в совокупности зависит от его генотипа, т.е. какова доля его влияния на продуктивность дочерей. При однофакторном дисперсионном анализе выделяется доля влияния одного из факторов.

В качестве меры разнообразия признаков используется дисперсия (σ^2) и дисперсия (C).

Дисперсия - это изменчивость признака, возникающего под влиянием различных факторов, и представляет собой сумму квадратов отклонений вариант от средней арифметической.

$$C = \sum (x - \bar{X})^2$$

Величину общей вариации признака (C_y) можно разложить на части или доли, одна из которых отражает влияние учитываемого в опыте «организованного» фактора, так называемая факториальная дисперсия (C_x), а другая определяется влиянием на тот же признак неучитываемых экспериментом (случайных) факторов, так называемая остаточная дисперсия (C_z). Эти дисперсии взаимосвязаны:

$$C_y = C_x + C_z$$

Вычисления при дисперсионном анализе проводятся в следующем порядке:

1. Определяют среднюю арифметическую для всех вариантов дисперсионного комплекса (независимо от их принадлежности к группе).

2. Находят среднюю арифметическую для каждой группы.

3. Определяют отклонение средних арифметических каждой группы от общей средней, возводят их в квадрат, вычисляют сумму взвешенных квадратов $\sum p_i (x - X)^2$ или S_x .

4. Находят отклонения каждой варианты группы от ее средней арифметической после чего эти величины возводят в квадрат и суммируют, вначале по каждой группе, а затем по всем группам (S_z).

5. Вычисляют показатель силы влияния изучаемого фактора на общее разнообразие признака, путем деления факториальной

дисперсии на общую дисперсию $\eta^2 = \frac{\tilde{N}\tilde{\sigma}}{\tilde{N}\tilde{\sigma}}$

6. Определяют показатель достоверности влияния по критерию Фишера: при $v_1 = r - 1$; $v_2 = N - r$

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \geq F_{\text{таб}}$$

ПРИМЕР 14. Плодовитость свиноматок крупной белой породы зависит от многих факторов, в том числе, от метода разведения. Определить силу и достоверность влияния метода разведения на плодовитость свиноматок по данным таблицы 11.

Таблица 11 - Плодовитость свиноматок

Поросята в помете	
чистопородные свиноматки	помесные свиноматки
10, 9, 11, 10, 11, 10, 10, 11	12, 9, 11, 10, 13, 11, 15, 10

Для решения этой задачи необходимо составить дисперсионный комплекс, сгруппировав материал по соответствующим грациям изучаемого фактора (таблица 11).

В нашем примере изучаемый фактор - метод разведения. Его градациями будут два метода (получение чисто- породных и помесных свиноматок). Составим расчетную таблицу.

$$H_{\Sigma} = \frac{(\sum x_{ij})^2}{N} = \frac{(173)^2}{16} = 1870$$

$$C_x = \sum H_i - H_{\Sigma} = 1875,5 - 1870 = 5,6$$

$$C = \sum x_{ij}^2 - \sum H = 1905 - 1875,6 = 29,4$$

$$C_y = \sum x_{ij}^2 - H_{\Sigma} = 1905 - 1870 = 35$$

Таблица 12 - Схема расчетов при проведении дисперсионного анализа (число поросят в помете свиноматок)

Условные обозначения	Градации (г) изучаемого фактора		В целом по комплексу
	чистопородные свинки	поместные свиноматки	
Варианты (число поросят)	10	12	
X	9	9	
	11	11	
	10	10	
	11	13	
	10	11	
	10	15	
	11	10	
Сумма варианта	8	8	
n_i	82	91	
$\sum X_i$			$n_{ij} = 16$ $\sum X_{ij} = 173$
$(\sum X_i)$	6724	8281	$\sum (\sum X_{ij})^2 = 15005$ $\sum H_i = 1875,6$
	840,5	1033,9	
$H_i = \frac{(\sum X_i)^2}{n}$	844	1061	$\sum X_{ij}^2 = 1905$
$\sum X_i^2$			

Таким образом, показатель общего разнообразия (C_y) разложен на два составляющих его компонента: разнообразия, зависящего от

изучаемого фактора (метода разведения C_x) и разнообразия зависящее от совокупности других факторов (C_z). Чтобы оценить какая доля общего разнообразия признака обусловлена изучаемым фактором (методом разведения) вычисляют отношение факториальной дисперсии к общей дисперсии:

$$\eta^2 = \frac{C_x}{C_y} = \frac{5,6}{35} = 0,16$$

Таблица 13 - Схема дисперсионного комплекса

Живая масса цыплят	Рациионы (градации)				Число градации $r = 4$
	1	2	3	4	
1,2	6	3	1	-	
1,3	10	4	5	3	
1,4	10	8	10	3	
1,5	4	12	9	12	
1,6	-	3	5	12	

В нашем примере сила влияния метода разведения на плодовитость свиноматок составила $hI = 0,16$. Это означает, что если всю изменчивость плодовитости свиноматок принять за 100 %, то методами разведения обусловлено 16 % этой величины, а всеми остальными факторами – 84 %.

Но оценка силы влияния того иного фактора не всегда бывает достаточной. Не менее важно и другое: достоверно ли это влияние. Дисперсионный анализ позволяет оценить достоверность выводов. Для этого вычисляют критерий Фишера по формуле:

$$v_1 = r - 1 \quad v_2 = N - r$$

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \geq F_{\text{таб}}$$

где: F - эмпирический критерий достоверности;

$F_{\text{таб}}$ - стандартное значение Фишера;

V_1, V_2 - первая и вторая степени свободы, по которым находят стандартные значения критерия Фишера;

N - объем комплекса;

r - число градации.

$$\sigma_x^2 = \frac{C_x}{r-1} = \frac{5,6}{2-1} = 5,6$$

$$\sigma_z^2 = \frac{C_z}{r(n-1)} = \frac{29,4}{2(8-1)} = \frac{29,4}{14} = 2,1$$

$$F = \frac{5,6}{2,1} = 2,7$$

При $F_{\text{эмп}} \leq F_{\text{таб}}$. т.е. когда эмпирически полученный показатель достоверности влияния оказывается меньше нужного, в данном случае стандартного значения критерия Фишера, обнаруженное его влияние в выборочном комплексе, считается недостоверным:

В нашем примере эмпирическое значение $F = 2,7$ ниже $F_{\text{таб}}$, значит, обнаруженное влияние недостоверно.

ЗАДАНИЕ 1. Определить влияние уровня протеина в кормосмесях на прирост живой массы цыплят по данным таблицы 13.

Тема 10: ВЫЧИСЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НАСЛЕДУЕМОСТИ И ПОВТОРЯЕМОСТИ

Цель: Освоить методы вычисления наследуемости и повторяемости

Методические указания

Наследуемость - это доля влияния генетических факторов на проявление признаков у потомков. Чем больше коэффициент наследуемости, тем в большей мере развитие данного признака зависит от родителей.

Небольшой коэффициент наследуемости показывает, что развитие признака в большей степени зависит от условий внешней среды. Для вычисления коэффициента наследуемости h^2 используются следующие методы:

$h^2 = 2 \cdot r$, т.е. удвоенный коэффициент корреляции между показателями матерей и их дочерей;

$h^2 = 2 \cdot R$, т.е. удвоенный коэффициент регрессии между показателями дочерей и их матерей, когда условия для дочерей и матерей были неодинаковы.

$h^2 = \frac{C_x}{C_y}$, т.е. методом дисперсионного анализа

Показатели наследуемости выражаются в долях единицы от 0 до 1.

Метод дисперсионного анализа имеет ряд преимуществ при определении коэффициента наследуемости, по сравнению с методами, основывающимися на вычислении связей r и R между уровнем признака у родственных групп животных. При обработке данных этим методом, если не прибегать к разложению среднего квадрата, не получаются минусовые (т.е. биологически абсурдные) значения коэффициента наследуемости, что имеет место при использовании корреляционных показателей.

ПРИМЕР 15. Вычислить коэффициент наследуемости удоя дочерей и матерей через регрессию, если известно, что:

$$r = 0,033 \quad \sigma_x = 1,76$$

$$\sigma_y = 1,8$$

$$R_{x/y} = 0,033 \cdot \frac{1,76}{1,8} = 0,032$$

$$h^2 = 2 \cdot R_{x/y} = 0,064$$

Коэффициент наследуемости, вычисленный этим методом почти незначителен. Он свидетельствует о том, что удой молока у животных данного стада на 6% зависит от матери и на 94% от условий их содержания.

Повторяемость - это постоянство проявления признака у особи или группы особей на протяжении жизни, или периодов года, сезона при одинаковых условиях.

Коэффициент повторяемости g определяют путем вычисления коэффициента корреляции, например, между плодовитостью свиноматок по первому и второму опоросам. Если коэффициент повторяемости высокий, то свиноматок можно окончательно оценить по плодовитости за первый опорос, если низкий, то такой оценки сделать нельзя.

Коэффициент повторяемости вычисляется и как показатель внутригрупповой корреляции при дисперсионном анализе. Различают повторяемость возрастную, паратипическую и топографическую.

Коэффициент повторяемости позволяет решать различные вопросы генетики и селекции:

1. Он служит верхним пределом коэффициента наследуемости.
2. Позволяет оценивать генотипическое разнообразие в популяции.
3. С его помощью можно оценивать животное по разовым определениям селекционируемого признака, вследствие чего он пригоден для прогнозирования и ранней оценки животных.
4. По коэффициенту повторяемости можно судить, следует ли вводить поправки признака на влияние возраста, кормления, или эти поправки не будут эффективны в уточнении генетического анализа.
5. Коэффициент повторяемости можно использовать в качестве меры ошибки опыта.

ЗАДАНИЕ 1. Вычислить коэффициент повторяемости содержания жира в молоке у коров по данным таблицы 14.

Таблица 14 - Жирномолочность коров матерей (X) и дочерей (Y)

X	3,8	4,0	3,9	4,2	4,0	3,9	3,8	4,0	3,9	4,0
Y	3,9	4,2	4,0	4,1	4,0	4,0	3,8	4,1	3,9	4,1

ЗАДАНИЕ 2. Вычислить коэффициент повторяемости настрига шерсти овец по приведенным ниже данным (таблица 15).

Таблица 15 - Нاستриг шерсти матерей (X_1) и дочерей (X_2)

X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2
5,5	6,5	5,0	6,0	4,5	6,0
5,3	7,8	4,8	5,2	7,1	6,5
4,7	5,3	6,4	5,4	6,1	7,8

РАЗДЕЛ 2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПОЛОВОМ РАЗМНОЖЕНИИ

Тема 11: МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Цель: Изучить закономерности наследования признаков при моногибридном скрещивании.

Методические указания

Основные закономерности наследования признаков впервые были разработаны и сформулированы Г. Менделем. Успех работы Г. Менделя был связан с разработкой экспериментального метода, получившего название метода гибридологического анализа. Основные принципы этого метода следующие:

1. Для скрещивания в качестве исходных родительских форм используются особи, различающиеся 1, 2, 3 и более парам альтернативных признаков: например, желтая и зеленая окраска семян, высокий и низкий рост и т. д.

2. Родительские формы предварительно в 2 - 3 поколениях проверяют на константность, постоянство наследования изучаемых признаков.

3. Ведется точный количественный учет гибридных особей с описанием признаков, которые развились.

В качестве объекта исследований Мендель избрал горох, сорта которого отличались друг от друга контрастными и удобными для учета признаками. Мендель начал с проведения моногибридного скрещивания. Скрещивание, в котором родительские особи отличаются друг от друга по одной паре альтернативных признаков, называются *моногибридными*. Он установил, что у потомства первого поколения проявляется только один определенный родительский признак. Признаки родителей, проявившиеся у гибридов первого поколения, Мендель назвал *доминирующими* или *доминантными*. Признаки родительских особей, которые не проявились у гибридов первого поколения, Мендель назвал *рецессивными*. К числу доминантных признаков следует отнести желтую окраску, круглую форму, высокий стебель и т. д. К числу рецессивных признаков относят— зеленую окраску, морщинистую форму, низкий стебель и т. д.

Основываясь на экспериментальных данных, Г.Мендель установил явление доминирования, или закон единообразия гибридов первого поколения. Он гласит, что при моногибридном скрещивании в первом поколении происходит доминирование признаков одного из родителей, или гибриды первого поколения отличаются единообразием.

При скрещивании гибридов первого поколения между собой во втором поколении наблюдается появление особей с признаками обоих исходных родителей.

Появление во втором поколении особей признаками обеих исходных форм (доминантных и рецессивных) называется *расщеплением*. Оно подчиняется строгим количественным закономерностям: в среднем s гибридов второго поколения имеют доминантный признак j - рецессивный, т.е. расщепление осуществляется в отношении 3:1.

Закономерность наследования родительских признаков во втором поколении получило название закона расщепления. Чтобы объяснить полученные результаты в первом и втором поколениях. Мендель высказал предположение, что развитие всех признаков организма контролируется действием наследственных факторов (генов).

Наследственные факторы или гены, обозначают буквами латинского алфавита. Доминантные – прописными, рецессивные – одноименными строчными буквами. У каждого организма эти гены парные (один ген происходит от матери, другой от отца). Форма состояния гена называется *аллелью*. Одна пара аллельных генов располагается в одном и том же участке (локусе) гомологичных хромосом. Особи, получившие от отца и матери одинаковые наследственные факторы (гены), называются *гомозиготными* (AA и aa), а особи, имеющие разные наследственные факторы – *гетерозиготами* (Aa).

Генотипом называют совокупность наследственных задатков организма. Под фенотипом понимают комплекс, совокупность всех свойств организма.

Генетическая символика

P - родительские особи

♀ - женский пол

♂ - мужской пол

X – знак скрещивания

F – потомство, с соответствующими цифрами индексами, указывающими поколение.

Схема моногибридного скрещивания

P ♀ AA x ♂ aa A – желтая окраска горошин.

Гаметы A a a- зеленая окраска горошин.

F₁ Aa – желтая окраска горошин.

P ♀ Aa x ♂ Aa Aa, Aa, Aa – желтая окраска горошин.

ГАМЕТЫ Aa Aa aa – зеленая окраска горошин.

	A	A
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Расщепление по фенотипу 3:1

AA +	2Aa +	aa
25%	50%	25%
Доминантные особи	Гетерозиготные особи	Гомозиготные особи

Расщепление по генотипу 1:2:1

Задание 1. Какой генотип и фенотип будут иметь потомки F₁ и F₂, полученные при скрещивании ♀ AA x ♂ aa?

Задание 2. Скрещивание черных морских свинок с белыми в F₁ дает всех черных потомков. При разведении «в себе» этих потомков F₂ преимущественно рождаются черные, а также некоторое количество белых свинок. Какой признак будет доминантным и какой рецессивным? Объясните полученные результаты.

Задание 3. Если от спаривания двух мух гетерозиготных по одной паре генов было получено 200 потомков, то сколько из них будет иметь доминантный признак?

Задание 4. Могут ли особи, имеющие одинаковый фенотип, различаться по генотипу?

Задание 5. У собак черная окраска шерсти (B) доминирует над коричневой (b). Коричневая сука, оба родителя были черные, была спарена с черным кабелем, отец которого черный, а мать коричневая. Каково должно быть потомство? Что можно сказать о генотипах родителей взятых собак?

Задание 6. У крупного рогатого скота комолость (Р) доминирует над рогатостью (р); сплошная окраска (R) доминирует над пегостью (r), черная окраска доминирует над красной, а у шортгорнов красная масть (К) и белая (к) в гетерозиготном состоянии дают чалую окраску (Кк). Можно ли определить генотипы черного быка и черной коровы, если в результате их спаривания родился черный теленок?

Задание 7. Местный малопродуктивный скот, имевший сплошную окраску (R) для повышения продуктивности покрывали черно-пестрым быком остфризской породы (r). Помеси вновь были покрыты остфризским быком. Какое количество потомков будет иметь сплошную и какое – черно-пеструю окраску?

Задание 8. Составьте программу отбора, с помощью которого от чалого быка и белой коровы можно получить нерасщепляющуюся линию рыжего (красного) скота.

Задание 9. Какое будет расщепление по фенотипу и по генотипу «в», при спаривании алеутской «аа» (голубая) и стандартной «АА» (коричневая) норок? При спаривании белой стандартной (НН) норок?

Тема 12: АНАЛИЗИРУЮЩЕЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Цель: Изучить сущность анализирующего скрещивания.

Методические указания

Скрещивание особей с рецессивной гомозиготной исходной формой называют *анализирующим*. Его применяют для установления генотипа родителей, т.е. гомозиготности или гетерозиготности родительских особей.

Схема анализирующего скрещивания

P	Aa	x	aa
ГАМЕТЫ	A a		a
	Aa		aa
	50%		50%

Задание 1. У каракульских овец серая масть (ширази) доминирует над черной. От спаривания серых животных с черными получено 18 серых и 18 черных потомков. Напишите генотипы родителей и потомков.

Задание 2. От спаривания кур, имевших листовидный гребень с петухом, имевшим розовидный гребень было получено 80 цыплят, из которых 40 имели листовидный и 40 розовидный гребень. Объясните причину этого явления.

Задание 3. У кур розовидный гребень доминирует над простым. Птицевод подозревает, что некоторые из его виандотов, имеющих розовидный гребень гетерозиготны по фактору простого гребня. Как определить, какие из них действительно являются гетерозиготными?

Задание 4. Коричневая (кофейная) сука была спарена с черным кобелем и оценилась 15 щенками, из них было 8 черных, 7 коричневых. Каковы генотипы родителей и потомков?

Задание 5. Какое будет F_1 , если гомозиготного черного кобеля скрестить с коричневой сукой? Какое будет F_2 ? Какое будет потомство от скрещивания F_1 обратно: с черным кобелем, с коричневой сукой?

Тема 13: ТИПЫ ДОМИНИРОВАНИЯ.

Цель: Ознакомить студентов с основными типами доминирования.

Методические указания

В практике растениеводства и животноводства наряду с полным доминированием наблюдаются другие формы наследования, а именно:

1. Неполное доминирование, когда признаки наследуются промежуточно. При этом во втором поколении количество генотипических и фенотипических классов совпадают и соответствуют расщеплению 1:2:1.

2. Сверхдоминирование, при котором у гибридов первого поколения наблюдается более сильное развитие признака, чем у исходных родительских форм.

3. Кодоминирование, при котором у гетерозиготных особей проявляется в равной мере оба гена.

Задание 1. Какова вероятность, что при спаривании двух чалых шортгорнских животных полученный потомок также будет чалым?

Задание 2. У андалузских кур фактор черного оперения «В» и белого оперения «в» дают в гетерозиготном состоянии голубую окраску. Какое потомство дает голубая андалузская курица при спаривании с голубыми и черными петухами? Почему голубые андалузские куры при разведении «в себе» не дают однообразного по этому признаку потомства? Можно ли вывести чистую породу голубых андалузских кур?

Задание 3. Красная масть у шортгорнов неполно доминирует над белой. Если скрестить гомозиготное животное красной масти с гомозиготным животным белой масти, каков будет фенотип F_1 и F_2 ?

Задание 4. У тонкорунных овец встречаются особи с укороченными ушами, безухие и с нормально развитой ушной раковиной. Причем от скрещивания длинноухих с безухими (гомозиготные) рождаются особи с укороченными ушами, а при разведении F_1 «в себе» происходит расщепление потомства по фенотипу в соотношении 1 длинноухое: 2 с укороченными ушами: 1 безухое. Как наследуется этот признак?

Тема 14: ДИГИБРИДНОЕ И ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Цель: Изучить закономерности наследования признаков при дигибридном скрещивании.

Методические указания

Для выяснения вопроса о закономерностях наследования признаков родителей, отличающихся друг от друга по двум парам признаков, Мендель проводил скрещивание различных сортов гороха. Например, проводил анализ наследования в потомстве окраски и формы семян. Один сорт гороха имел желтую окраску и гладкую форму семян, второй зеленую окраску и морщинистую (угловатую) форму семян.

СХЕМА ДИГИБРИДНОГО СКРЕЩИВАНИЯ

P	♀ AA BB	x	♂ aa bb	A- желтая окраска
Гаметы	AB		ab	a- зеленая окраска
	AaBb			B- гладкая форма
F ₁				b- морщинистая форма

Потомство первого поколения характеризовалось желтой окраской гладкой формой семян. Для получения потомства второго поколения скрещивается между собой первое поколение.

P ♀ AaBb x ♂ AaBb

Гибрид первого поколения дает 4 типа гамет (половых клеток) – AB, Ab, aB, ab. Они свободно сочетаются между собой при образовании второго поколения. Для анализа потомства F₂ необходимо построить решетку Пеннета. Г. Менделем установлено, что во втором поколении дигибридного скрещивания наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 9 : 3 : 3 :

1. Расщепление по генотипу носит более сложный характер. При изучении наследования каждого признака в отдельности было установлено, что расхождение пары аллелей (A-a) по гаметам происходит независимо от второй пары аллелей (B-b), расположенных в другой паре гомологичных хромосом.

При дигибридном и полигибридном скрещивании каждая пара признаков ведет себя независимо от другой пары и во втором поколении наблюдается расщепление по каждой паре аллелей в соотношении 3:1.

Объясняется это тем, что гены, контролирующие эти признаки, находятся в разных парах хромосом. При гаметогенезе в каждую гамету попадает по одной хромосоме из соответствующей ей пары, в результате чего при дигибридном скрещивании возможны 4 комбинации хромосом (4 типа гамет).

Независимое комбинирование признаков приводит к возникновению во втором поколении таких сочетаний, которых не было ни у родителей, ни у потомства первого поколения, а именно Ав; аВ. Это открытие Менделя называется законом независимого комбинирования родительских признаков во втором поколении. Независимое комбинирование признаков составляет основу комбинативной изменчивости.

Исходя из теории комбинаций, для любого скрещивания можно найти:

2^n – число типов гамет у гибридов F_2

3^n – число генотипов F_2

4^n – количество сочетаний, комбинаций скрещивания

где: n – число анализируемых пар признаков.

Задание 1. У крупного рогатого скота комолость (Р) доминирует над рогатостью (р), черная масть над красной, а у шортгорнов гетерозиготные по красной окраске (К) и белой (к) окраске животные имеют чалую масть (Кк). Гомозиготное комолое белое животное спарено с гомозиготным рогатым красным животным. Каков будет фенотип потомков F_1 и F_2 ? Каков будет фенотип потомства от возвратного скрещивания F_1 с комолым белым родителем? С рогатым красным родителем?

Задание 2. Комолый чалый бык, спаренный с рогатой белой коровой, дал рогатую чалую телку. Какое потомство получится при возвратном скрещивании этой телки с отцом?

Задание 3. Какие генотипические и фенотипические соотношения должны получиться в потомстве от следующих спариваний, если эти две пары генов наследуются не зависимо друг от друга:

1. Pp Rr x pp Rr.
2. Pp Rr x Pp Rr.
3. Pp Rr x pprr.

Задание 4. У норок известны два разных рецессивных гена «р» и «і», гомозиготность по каждому из которых или по обоим одновременно обуславливает платиновую окраску меха. Дикая коричневая окраска получается при наличии обоих доминантных аллелей «Р» и «І». При каждом типе спаривания двух платиновых норок все потомство будет коричневым. Укажите ожидаемое расщепление в F₂ от этого спаривания.

Задание 5. У кроликов пятнистая окраска шерсти (S) доминирует над одноцветной (s), а черная (B) - над коричневой (b). Коричневого пятнистого кролика скрестили с одноцветным черным, а все потомство F₁, оказалось черно-пятнистым. Каковы генотипы родителей? Как выглядело бы F₂ от скрещивания двух особей F₁.

Задание 6. У кур оперенные ноги доминируют над неоперенными (голыми), а гороховидная форма гребня - над простой. Гетерозиготных кур и петухов скрещивали между собой. Было получено 96 цыплят.

1. Сколько разных типов гамет может образовать гетерозиготная курица?
2. Сколько разных генотипов могут иметь цыплята?
3. Сколько цыплят будут иметь оперенные ноги и простой гребень?
4. Сколько цыплят могут иметь оперенные ноги и гороховидный гребень?

Задание 7. Петух, с оперенными ногами и гороховидным гребнем, спаренный с голоногой курицей, имеющей гороховидный гребень, дает потомков с оперенными ногами, большинство особей, среди которых имеет гороховидные гребни, но встречается среди них и некоторое количество птиц с простыми гребнями. Каковы генотипы родителей? Какое потомство дала бы эта курица при спаривании ее с одним из ее потомков, имеющим оперенные ноги и простой гребень?

Задание 8. Спариваются между собой животные гетерозиготные по трем и четырем независимым парам генов. Какая часть потомства от всех вариантов спаривания их между собой окажется гомозиготной по всем рецессивным генам?

Задание 9. Курицы, имеющие белую окраску кожи, белоснежный пух и гороховидный гребень, скрещивались с петухами, имеющими черную кожу, кремовый пух и простой гребень. В первом поколении получено 18 цыплят. Все они имели черную кожу, кремовый пух и гороховидный гребень. В F_2 было получено 128 цыплят.

1. Сколько типов гамет могли образовать петухи F_1 ?
2. Сколько разных фенотипов и генотипов могли иметь цыплята F_2 ?
3. Сколько цыплят F_2 могли иметь все признаки в доминантном состоянии и дать нерасщепляющееся потомство, при разведении «в себе».
4. Сколько цыплят имели такой же генотип в F_2 как и в F_1 ?

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

1. В чем сущность экспериментального метода Г. Менделя?
2. Какие признаки называются доминирующими, а какие рецессивными?
3. Правило доминирования или единообразия гибридов первого поколения.
4. Типы доминирования.
5. Закон расщепления.
6. Понятие о гомо -, гетерозиготности.
7. Понятие о фенотипе и генотипе.
8. Моногибридное скрещивание.
9. Анализирующее скрещивание.
10. Дигибридное скрещивание.
11. Закон независимого наследования признаков.
12. Характер расщепления по фенотипу и генотипу в F_2 при дигибридном скрещивании.

Тема 15: НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ.

Цель: Изучить наследование при взаимодействии неаллельных генов и проанализировать изменение в расщеплении по фенотипу разных типов взаимодействия генов.

Методические указания

Каждый признак организма развивается под влиянием не одного, а многих генов. В результате взаимодействий всех генов фенотипическое проявление признака может изменяться, что приводит к изменению соотношения фенотипов во 2 поколении.

У сельскохозяйственных животных выявлены все формы взаимодействия неаллельных генов (новообразование, комплементарность, эпистаз, полимерия, модифицирующее и плейотропное действие генов).

При всех типах взаимодействия неаллельных генов, наследование происходит в строгом соответствии с установленными Г.Менделем правилами. Однако, меняется лишь характер расщепления по фенотипу т.к. отдельные генотипы обнаруживают сходство между собой по фенотипу.

Новообразование. При новообразовании происходит взаимодействие доминантных неаллельных генов, в котором в первом поколении наблюдается проявление нового признака, а во втором поколении сохраняется расщепление по фенотипу 9 : 3 : 3 : 1. Наследование формы гребня у кур является классическим примером. При скрещивании кур с розовидной формой гребня с петухами, имеющими гороховидный гребень в первом поколении все особи имеют ореховидную форму.

Комплементарное взаимодействие генов. При этом совместное взаимодействие неаллельных доминантных генов вызывает иное фенотипическое проявление признака. Например, при скрещивании двух сортов горошка с белой окраской цветов у гибридов первого поколения цветы будут иметь пурпурную окраску, во втором поколении наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 9:7.

Эпистаз. При этом один ген подавляет эффект действия другого гена.

Подавляющие гены получили название *эпистатических* или *генов супрессоров*. Подавляемые гены называются *гипостатическими*.

Эпистатическое действие подобно доминированию, но эффект проявления гена подавляется не доминантными генами, а другим неаллельным геном. Наблюдается два вида эпистаза: рецессивный и доминантный.

Рецессивный ген может проявить эпистатическое действие в гомозиготном состоянии. Доминантный эпистаз обозначается неравенством $A > B$. При доминантном эпистазе в первом поколении наблюдается отклонение от классического расщепления $9 : 3 : 3 : 1$.

Например. При скрещивании лошадей серой масти (AABV) с рыжей (aавv) в первом поколении все потомство имеет первую масть (AaBv). Во втором поколении наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 12 серых: 3 вороных и 1 рыжая.

Криптомерия. Явление криптомерии проявляется тогда, когда рецессивный ген не полностью подавляет действие доминантного неаллельного гена.

Например. Скрещивание черных мышей (ССаа) с альбиносами дает в первом поколении потомство с окраской агути (Cc Aa). Во втором поколении наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 9 агути: 3 черных и 4 альбиноса.

Полимерия. Это такой случай наследования, когда на один и тот же признак оказывает влияние несколько неаллельных доминантных генов. Влияние каждого в отдельности на признак незначительное, а при совместном действии (аддитивное, мультативное) влияние усиливается, что приводит к более интенсивному проявлению признаков. По типу полимерии наследуются многие хозяйственно-полезные признаки.

Гены, однозначно влияющие на развитие одного и того же признака обозначают одинаковой буквой с указанием индекса (A_1 ; A_2 , $A_3...A$).

Нильсоном - Эле установлено, что красная окраска зерна у пшеницы зависит от генов A_1 ; $A_2... A$, их рецессивные аллели a_1 ; $a_2 ... a$ вызывают белую окраску, т.е. окраска зерна пшеницы зависит от количества доминантных неаллельных генов, присутствующих в генотипе. Полимерные признаки имеют обычно постоянно-

промежуточные формы наследования в первом поколении, а во втором поколении резко повышается изменчивость, появляется много переходных форм.

Задание 1. При спаривании кур имеющих розовидные гребни с петухами, имеющими гороховидные гребни, или наоборот, в F_1 , все потомки имеют ореховидный гребень. При спаривании их между собой в F_2 наблюдается расщепление на 9 частей с ореховидным гребнем: 3 части с розовидным: 3 части с гороховидным: 1 часть с простым. Введите обозначения и объясните полученные результаты.

Задание 2. Спаривание особей с ореховидным гребнем с особями, имеющими розовидный гребень дала в F_1 4 потомков с простыми гребнями, 5 - с гороховидными, 13 - с розовидными и 12 - с ореховидными. Каковы генотипы родителей?

Задание 3. У кур ген «I» вызывает доминантную белую окраску, его рецессивный аллель «i» позволяет окраске развиваться. Ген «C» (в отсутствии «I») дает окрашенное оперение, а его аллель «c» вызывает рецессивную белую окраску. Каков будет фенотип потомства, полученного в результате следующих скрещиваний: $Ii \times ii$ CC , $II \times ii$ cc , и $Cc \times Ii$ CC .

Задание 4. У лошадей ген «C», вызывающий серую масть эпистатичен к вороной «B» и рыжей (ccvv). Каково будет соотношение фенотипов в F_2 при спаривании вороных и рыжих лошадей с серыми?

Задание 5. У собак породы доберман-пинчер ген «B» вызывает черную окраску шерсти, а «b» - коричневую (кофейную). Другой ген «D» - усилитель, - определяет интенсивность окраски, распределение пигмента в корковом и мякотном веществе волоса, а «d» - ослабитель. Пигмент имеется только в мякотном веществе, а в корковом - лишь отдельными вкраплениями, что приводит к голубой окраске волос. При спаривании кофейного добермана (vvDD) с голубым (BB dd) в F_1 рождаются черные потомки. В каком соотношении в F_2 появятся черные, голубые и кофейные разных оттенков щенки?

Задание 6. У мышей ген "C" вызывает образование черного пигмента а, "c" - его отсутствие (альбинизм). Другой ген "A" определяет зональное распределение пигмента по длине волоса, а его аллель "a" - сплошное распределение пигмента. Мыши "AA"

имеют дику (серую) окраску - агути. Каков будет фенотип мышей в F_1 , и в F_2 при спаривании черных мышей с белыми и какое будет расщепление?

Задание 7. Рост человека контролируется несколькими парами несцепленных генов, которые взаимодействуют по типу полимерии. Если пренебречь факторами среды и условно ограничиться лишь тремя парами генов, то можно допустить, что в какой-то популяции самые низкорослые люди имеют все рецессивные гены и рост 150 см, самые высокие - все доминантные гены и рост 180 см.

1. Определите рост людей, гетерозиготных по всем 3 парам генов роста.

2. Низкорослая женщина вышла замуж за мужчину среднего роста. У них было четверо детей, которые имели рост 165 см 160 см, 155 см и 150 см. Определите генотипы родителей и их рост.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

1. Типы взаимодействия неаллельных генов.
2. Новообразование, схема.
3. Эпистаз, схема.
4. Комплементарное взаимодействие генов, схема.
5. Криптомерия, схема.
6. Полимерия.
7. Плейотропное действие генов.
8. Гены-модификаторы.
9. Изменения в соотношениях по фенотипу при разных типах неаллельного взаимодействия генов.

РАЗДЕЛ 3. ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Тема 16: СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, КРОССИНГОВЕР

Цель: Изучить закономерности наследования признаков при полном и неполном сцеплениях генов.

Методические указания

При изучении закономерности наследования признаков при половом размножении мы встречались с такими случаями, когда разные аллели находились в разных парах хромосом. Признаки, гены которых находятся в одной хромосоме, называются *сцепленными*.

Явление сцепленного наследования признаков было установлено Т.Морганом в опытах по скрещиванию различных линий дрозофилы.

Т. Морган сформулировал хромосомную теорию наследственности, суть которой заключается в следующем:

- гены в хромосомах расположены линейно;
- гены находятся в хромосомах и в пределах одной хромосомы образуют одну группу сцепления;
- между гомологичными хромосомами в мейозе может происходить кроссинговер, частота которого пропорциональна расстоянию между генами;
- гены в одной хромосоме связаны друг с другом и наследуются вместе;
- гены одной группы сцепления наследуются независимо от генов, принадлежащих к другим группам сцепления; число групп сцепления соответствует гаплоидному числу хромосом;
- признаки, гены которых находятся в одной хромосоме наследуются сцепленно, т.е. вместе.

Морган показал, что сцепление не всегда бывает полным. Причиной неполного сцепления является кроссинговер или перекрест хромосом.

При этом в профазе мейоза может произойти взаимообмен участками между гомологичными хромосомами. Особи,

полученные в результате кроссинговера называются *кроссоверными*.

Чем дальше расположены в хромосоме гены друг от друга, тем меньше и сила сцепления и тем чаще между ними кроссинговер. Число некроссоверных особей бывает больше, чем кроссоверных. Частота кроссинговера выражается в процентах и показывает расстояние между генами, определяется как соотношение числа кроссоверов к общему числу всех особей.

За единицу расстояния (перекреста) принят 1 % кроссинговера. Эта единица называется *морганидой*. Кроссинговер используется для изучения положения генов в хромосомы, а также для построения карт хромосом.

Задание 1. Допустим, что гены «А» и «В» сцеплены друг с другом и показывают 40% перекреста. Каков будет генотип F_1 , при скрещивании гомозиготной особи АВ/АВ с ав/ав? Изобразите весь ход скрещивания с помощью графического изображения поведения хромосом (сцепленные гены располагаются в одной и той же хромосоме). Каковы будут генотипы потомства, полученного от возвратного скрещивания особей F_1 с двойным рецессивом? Какие будут образовываться гаметы? Каким будет F_2 ?

Задание 2. У кроликов «английского» типа окраски белая пятнистость доминирует над обычной сплошной окраской, а короткая шерсть (нормальная) над длинной (ангорской). Было произведено скрещивание английских короткошерстных кроликов со сплошными ангорскими, и ?! возвратно скрещено со сплошными ангорскими. По материалам Кэстла в двух сериях опытов были получены следующие результаты:

	1	2
английских короткошерстных	380	222
английских ангорских	59	31
сплошных короткошерстных	66	32
сплошных ангорских	380	237

Какова сила сцепления между генами английской окраски и коротко шерстности по обеим сериям в отдельности и вместе?

Задание 3. При скрещивании серебристых (S) полосатых (B) кур с золотистыми (s) неполоватыми (b) было получено F_1 . Петухи из F_1 , использовались для возвратного скрещивания с золотистыми неполоватыми курами. В потомстве было получено серебристо-

полосатых - 282, неполосатых серебристых - 226, золотисто-полосатых - 206, неполосатых золотистых - 266. Каков % кроссинговера между генами «В» и «S»? Какое количество потомков каждого класса надо было бы ожидать, если бы эти гены не были бы сцеплены?

Задание 4. У крыс темная окраска шерсти доминирует над светлой, розовый цвет глаз - над красным. Оба признака сцеплены. В лаборатории от скрещивания розовоглазых темношерстных крыс с красноглазыми светлошерстными получено потомство:

светлых красноглазых - 24

темных розовоглазых - 26

светлых розовоглазых - 24

темных красноглазых - 25

Определите расстояние между генами.

Задание 5. У мухи дрозофилы ген нормального цвета глаз доминирует над геном белоглазия, ген ненормального строения брюшка над геном нормального строения. Обе пары расположены в X — хромосоме на расстоянии 3 морганид. Определите вероятные генотипы и фенотипы потомства от скрещивания гетерозиготной по обоим признакам самки с самцом, имеющим нормальный цвет глаз и нормальное строение брюшка.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

1. Закон сцепления.
2. Особенности неполного сцепления признака, схема.
3. Цитологическое доказательство неполного сцепления, схема.
4. Основные положения хромосомной теории наследственности.
5. Понятие о группах сцепления.
6. Укажите возможное число сцепления у крупного рогатого скота, свиней, лошадей, овец, кур и т.д.
7. Явление интерференции.
8. Построение генетических и цитологических карт хромосом.

Тема 17: НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ.

Цель: Изучить закономерности наследования признаков, сцепленных с полом.

Методические указания

Признаки, гены которых расположены в половых хромосомах, называются *сцепленными с полом*.

В X - и Y- хромосомах есть такие участки, гомологичные друг другу и содержащие аллельные гены. Такие признаки подчиняются закону расщепления. Однако, как в X-, так и в Y- хромосоме имеются негомологичные участки. В таких участках X - хромосом содержатся гены, аллельных которым в Y- хромосоме нет (например, ген классической гемофилии) и наоборот, в негомологичном участке Y- хромосом содержится гены, у которых нет аллелей в X- хромосоме (например, ген, определяющий развитие волосков на краю ушной раковины).

Наследование признаков сцепленных с полом будет происходить в строгом соответствии с поведением половых хромосом при гаметогенезе и оплодотворении, т.е. фенотипическое проявление признака будет связано с наследованием половых хромосом. Наследование признаков сцепленных с полом очень своеобразно: эти признаки нередко передаются от матери к сыну, от отца к дочери. Характер наследования признаков, сцепленных с полом, является четким доказательством локализации генов в хромосомах.

Задание 1. У бронзовых индеек иногда наблюдается своеобразное дрожание тела, которое впоследствии назвали «вибрированием». Птицы с этим недостатком вполне жизнеспособны и при разведении «в себе» дают аномальное потомство. При спаривании «вибрирующих» индюков с нормальными самками все потомки женского пола были аномальны, а потомки мужского пола - нормальны. В чем причина этого явления?

Задание 2. Одна пара генов, определяющих окраску шерсти у кошек, сцеплена с полом. Ген «В» дает рыжую окраску, ген «в» черную, а у гетерозигот «Вв» получается пестрая окраска

(черепашовая). Каким будет потомство от спаривания черного кота с пестрой кошкой? С рыжей кошкой? От спаривания рыжего кота с черной кошкой? С пестрой кошкой?

Задание 3. Почему почти все черепаховые кошки являются самками, а не самцами?

Задание 4. У некоторых пород кур гены, определяющие белый цвет и полосатую окраску оперения, сцеплены с X - хромосомой, полосатость доминирует над белой сплошной окраской. Гетерогаметный пол у кур - женский.

А) на птицеферме белых кур скрестили с полосатыми петухами и получили полосатое оперение, как у петухов, так и у кур. Затем полученных от первого скрещивания особей скрестили между собой и получили 594 полосатых петуха и 607 полосатых кур.

Определите генотипы родителей и потомков первого и второго поколений.

Б) у юнатов имеются полосатые петухи и белые куры. От их скрещивания получено 40 полосатых петухов и кур и 38 белых петухов и кур.

Определите генотипы родителей и потомства.

Задание 5. У человека классическая гемофилия наследуется как сцепленный с X- хромосомой рецессивный признак. Альбинизм обусловлен аутосомным рецессивным геном. У одной супружеской пары, нормальной по этим двум признакам, родился сын с обеими аномалиями. Какова вероятность того, что у второго сына в этой семье проявятся также обе аномалии одновременно.

Задание 6. Гипертрихоз наследуется как признак, сцепленный с Y - хромосомой. Какова вероятность рождения детей с этой аномалией, в семье, где отец обладает гипертрихозом?

Задание 7. Гипоплазия эмали наследуется, как сцепленный с X - хромосомой доминантный признак. В семье, где оба родителя страдали отмеченной аномалией, родился сын с нормальными зубами. Каким будет их второй сын?

Задание 8. Если определенный признак у данного вида животных всегда передается потомству от матери, но никогда не передается от отца, то какой можно сделать вывод о способе его наследования?

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

1. Различие в кариотипе мужского и женского пола.
2. Понятие гомогаметного и гетерогаметного пола.
3. Типы хромосомного определения пола.
4. Особенности наследования признаков, сцепленных с полом.
5. Признаки, ограниченные полом и зависимые от пола.
6. Понятие фримартинизма.

РАЗДЕЛ 4. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Тема 18: МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Цель: Изучить структуру и функции нуклеиновых кислот, составляющих генетический материал клетки.

Методические указания

Связь наследственности с ДНК была реально установлена в 1944 году в опытах Эвери. Общепринятая модель структуры ДНК была создана в ходе совместной работы Крика и Уотсона в 1951-1953 гг.

1. Особенности структуры ДНК

Молекула ДНК двуцепочная. В состав ДНК входят: сахар (дезоксирибоза), азотистые основания - производные пурина (аденин и гуанин) и пиримидина (тимин и цитозин), а также фосфорная кислота. Сахар, фосфат и одно из азотистых оснований называется **нуклеотидом**.

Различие полинуклеотидов ДНК определяется участием всего лишь 4 разных азотистых оснований - аденина, гуанина, цитозина и тимина.

Основные закономерности в нуклеотидном составе ДНК были открыты Чаргаффом (правила Чаргаффа).

1. Сумма пиримидиновых нуклеотидов равна сумме пуриновых нуклеотидов.

2. Содержание тимина равно содержанию аденина, а содержание гуанина равно содержанию цитозина.

1. $(A+T)/(C+G) = 1$ - коэффициент видовой специфичности.

Благодаря последовательности расположения пар азотистых оснований каждая молекула ДНК отличается уникальными особенностями. При раздвоении нитей ДНК каждая из них строит по принципу комплементарности аналогичную цепь. Этим обеспечивается постоянство в передаче наследственной информации при делении клеток и размножении организмов. Гены отличаются друг от друга последовательностью азотистых оснований.

Основные функции генов. Ген - это участок молекулы ДНК, который кодирует синтез белковой молекулы. Ген содержит сведения об определенном признаке, который должен сформироваться у организма. Наиболее важные функции гена следующие:

1. Хранение наследственной информации.
2. Редупликация ДНК.
3. Управление биосинтезом белков.
4. Обеспечение наследственной изменчивости клеток и организмов.
5. Контроль за индивидуальным развитием клеток и организмов.
6. Рекомбинация.

Клетка реализует наследственную информацию с помощью генетического кода, который определяет специфику всех белков (таблица 1) В ходе многих экспериментов установлено, что генетический код:

- триплетный
- неперекрывающийся
- вырожденный
- универсальный

2. Строение РНК и ее виды

Молекула РНК является одноцепочечной. В настоящее время известно три вида РНК: рибосомальная (р РНК), информационная или матричная (и РНК или м РНК) и транспортная (т РНК).

В состав нуклеотидов РНК входят азотистые основания, сахар рибоза и остаток фосфорной кислоты.

В РНК азотистых оснований также входят четыре: аденин, урацил, гуанин и цитозин.

Задание 1. Участок молекулы ДНК представлен следующей последовательностью нуклеотидов: АГТАЦЦГАТАЦТЦГАТТТАЦГ... Изобразите последовательность нуклеотидов второй цепочки этой же молекулы ДНК.

Задание 2. Участок молекулы ДНК, кодирующий часть полипептида, имеет следующее строение: АЦЦАТАГГЦЦААГГА. Определите последовательность аминокислот в полипептиде.

Задание 3. Полипептид состоит из следующих аминокислот: валин-аланин-глицин-лизин-триптофан-валин-серин-глутаминовая кислота.

Определите структуру участка ДНК, кодирующего указанный полипептид.

Задание 4. При одной из форм синдрома Фанкони (нарушение образования костной ткани), у больного с мочой выделяются аминокислоты, которым соответствуют следующие триплеты и РНК: ААА, ЦГУ, ГАА, ГУУ, УУА, УГУ, УАУ. Определите, выделение каких аминокислот с мочой характерно для синдрома Фанкони.

Задание 5. Как изменится структура белка, если из кодирующего его участка ДНК - ААТАЦАТТТАААГТЦ удалить пятый и 13-й слева нуклеотиды?

Задание 6. У человека больного цистонурией (содержание в моче большего, чем в норме, числа аминокислот), с мочой выделяются аминокислоты, которым соответствуют следующие триплеты и РНК: УЦУ, ГЦУ, ГГУ, ЦАГ, ЦГУ, ААА; У здорового человека в моче обнаруживается аланин, сери и глутаминовая кислота и глицин.

А) Выделение каких аминокислот с мочой характерно для больных цистонурией?

Б) Напишите триплеты, соответствующие аминокислотам, имеющимся в моче здорового человека.

Задание 7. Начальный участок цепи В инсулина представлен следующими 10 аминокислотами: фенилаланин - валин - аспарагиновая кислота - глутамин - гистидин - лейцин - цистеин - глицин - серин - гистидин. Определите количественные соотношения аденин + тимин и гуанин + цитозин в цепи ДНК, кодирующей этот участок инсулина.

Задание 8. Белок состоит из 158 аминокислот. Какую длину имеет определяющий его ген, если расстояние между двумя соседними нуклеотидами в молекуле ДНК вдоль оси спирали составляет 3,4 нм?

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

1. Сколько встречается пар оснований в двойной спирали ДНК?
2. Каково биологическое значение ДНК?
3. В чем заключается различие молекул ДНК и РНК?
4. Что такое транскрипция и трансляция?
5. Правила Чаргаффа.
6. Генетический код. (Таблица 16)

Таблица 16 - Генетический код

	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	Non 2	Non3	А
	Лей	Сер	Non1	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Глн	Арг	А
	Лей	Про	Глн	Арг	Г
А	Иле	Тре	Асн	Сер	У
	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г
Г	Вал	АЛА	Асп	Гли	У
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц
	Вал	Ала	Глу	Гли	А
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г

РАЗДЕЛ 5. ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИИ

Тема19: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ ФЕНОТИПОВ, ГЕНОТИПОВ И АЛЛЕЛЕЙ

Цель: Изучить закономерности популяционной генетики и приобрести навыки по анализу структуры популяции.

Методические указания

Популяция многочисленная совокупность особей одного вида, общего происхождения, занимающая определенную территорию и свободно спаривающаяся друг с другом.

Генетика популяции изучает процессы, происходящие в данной совокупности, и определяющие ее генетическую структуру. Генетическая структура популяции может изменяться под воздействием скрещивания, отбора, мутаций, генетико-автоматических процессов и может оставаться неизменной, т.е. находиться в состоянии равновесия.

Панмиктической называют популяцию, которая характеризуется большей численностью свободно спаривающихся между собой особей, не подвергающихся действию отбора, миграции и мутации. Закономерности панмиктических популяций в животноводстве применяются с определенными ограничениями. Однако, закономерности, обнаруженные в природных популяциях, имеют важное значение для генетики с.-х. животных.

В популяциях может быть определена частота фенотипов и генотипов. Частота определенного фенотипа в популяции представляет собой относительное количество особей, характеризующихся данным фенотипом. Частота вычисляется либо в процентах, либо в долях единицы.

Частота фенотипов в долях единицы могут быть выражены следующим образом:

$$A = n_1 / N \quad a = n_2 / N$$

где: **N** - общее число особей в популяции;

n_1 - число особей с признаком **A**;

n_2 - число особей с признаком **a**.

Те же частоты могут быть выражены и в процентах:

$$A = (n_1 \cdot 100) / N; (n_2 \cdot 100) / N$$

Вычисляется частота генотипов при фенотипическом проявлении гетерозисности (фенотип соответствует генотипу при кодоминировании и промежуточном наследовании)

$$AA = n_1 / N; Aa = n_2 / N; aa = n_3 / N$$

Для того, чтобы установить концентрацию генов используют закон Харди-Вайнберга. По этому закону устанавливается закономерное соотношение гомозигот в любой свободно скрещивающейся популяции. Это закономерное соотношение устанавливается на базе концентрации генов, имеющих в популяции. *Концентрацией генов* называется их частота. Если представить концентрацию доминантных генов $A = P$, а рецессивных $a = q$, то их общая концентрация равна $P + q = 1$.

Сочетание спермиев и яйцеклеток такого состава ($pA + qa$) ($pA + qa$) дает распределение генотипов $p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 1$.

При половом размножении происходит свободное и случайное сочетание гамет родителей. Используя решетку Пеннета (таблица 17), устанавливается частота генотипов потомства.

Таблица 17 - Сочетание гамет самца и самки при оплодотворении

	pA	qa
pA	p^2AA	pqAa
qa	pqAa	q^2aa

Соотношение генотипов в потомстве:

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

Количество гомозигот как доминантных, так и рецессивных, равно соответственно квадратам их концентрации. Количество гетерозигот равно удвоенному произведению концентрации аллелей.

По закону Харди-Вайнберга в свободно скрещивающейся популяции исходное соотношение в потомстве гомозигот (доминантных и рецессивных) и гетерозигот остается постоянным.

Задание 1. На одном из островов было отстреляно 10000 лисиц, из них оказалось 9991 рыжая и 9 белых особей. Рыжий цвет

доминирует над белым. Определите процентное соотношение рыжих гомозиготных, рыжих гетерозиготных и белых лисиц.

Задание 2. У крупного рогатого скота породы шортгорн красная масть неполно доминирует над белой. Гибриды от скрещивания красных с белыми имеют чалую масть. В районе, специализирующемся на разведении шортгорнов, зарегистрировано 4169 красных животных, 3780 чалых и 756 белых. Определите частоту генов красной и белой масти скота в данном районе.

Задание 3. Альбинизм общий наследуется как рецессивный аутосомный признак и встречается с частотой 1:20000. Вычислите количество гетерозигот в популяции.

Задание 4. В стаде мериносовых овец на 10000 родившихся ягнят было 100 черных. Определите процентное соотношение белых гомозиготных, гетерозиготных и черных ягнят.

Задание 5. Имеется популяция, находящаяся в равновесии и состоящая из особей с доминантным и рецессивным признаками. Доминирование полное. Рецессивные особи в ней составляют 4%. Какую часть особей с доминантным геном можно предполагать гетерозиготной?

Задание 6. Как изменится равновесное распределение генотипов в популяции:

$$(AA = p^2 = 0,49) + (Aa = 2pq = 0,42) + (aa = q^2 = 0,09)$$

при установлении новой концентрации аллелей:

$$A = p = 0,6; a = q = 0,4.$$

Задание 7. Вычислить частоты генотипов AA, Aa и aa (в %), если гомозиготные особи aa составляют в популяции 1%.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

1. Понятие о популяции и «чистой» линии.
2. Понятие о генетической структуре популяции.
3. Панмиктическая популяция.
4. Факторы, влияющие на генетическую структуру популяции.
5. Закон Харди-Вайнберга.
6. Эффективность отбора в популяциях и «чистых» линиях.

РАЗДЕЛ 6. ИММУНОГЕНЕТИКА

Тема 20: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ ПО ГРУППАМ КРОВИ И АНТИГЕНАМ

Цель: Изучить наследование кровяных факторов и приобрести навыки в проведении контроля за происхождением животных.

Методические указания

Иммуногенетика - комплексная научная дисциплина, которая пользуется методами иммунологии и генетическими методами исследования для изучения наследственных факторов иммунитета, внутривидового разнообразия и наследования тканевых антигенов, генетических и популяционных аспектов взаимоотношений живых организмов и тканевой несовместимости.

Данные о группах крови и эритроцитарных антигенов используют для определения достоверности происхождения животных. Большинство известных кровяных факторов наследуется по типу кодоминирования. Часть кровяных факторов наследуются независимо друг от друга, а часть по типу множественного аллелизма.

На этой основе все факторы были распределены по системам групп крови. Факторы, относящиеся к различным системам, наследуются независимо (т.е. по 3 правилу Менделя), а факторы, входящие в одну систему, являются аллеломорфами и наследуются по второму правилу Менделя.

У крупного рогатого скота выявлено 12 систем групп крови. У кур - 14, у лошадей - 8, у овец - 8. Каждая из систем включает неодинаковое число антигенных факторов. У крупного рогатого скота для проверки происхождения удобно использовать системы Г - V или Z, которые четко выделяют гомозиготные и гетерозиготные типы, а также системы В, С и CV. У свиней для этой цели приемлемы системы Е, L, М, К.

При установлении происхождения животных важно учитывать следующее:

1. У потомства могут быть только антигены, которые есть хотя бы у одного из родителей.

2. Антигены, которые имеются у матки, не могут быть использованы для выяснения отца потомства.

3. Антигены, которые есть (или которых нет) у обоих родителей, тоже не могут служить показателями происхождения животных.

4. Отцовство нужно определять по антигенам, которые имеются у потомства и лишь у одного из предполагаемых отцов, но отсутствуют у матери.

Задание 1. В племобъединение поступили быки, записанные в родословной как потомки производителя 209 от разных матерей. В результате иммуногенетической проверки установили следующие генотипы быков в системе В групп крови:

Производитель 209	_____	GOY/BQK'E ₂ I
Потомки:		
1217	_____	OY ₂ D'G'/GOY
1615	_____	IG' ² /BQK'E ₂ Y
1421	_____	GE ₃ ' F'O'/OI ₂ D'G'
214	_____	GOY/O ₁ T ₃ 'F'K
224	_____	BQK'E ₂ I'/Q ₁ I ₂ D'G'
321	_____	Ge ₃ 'F'O'/O ₁ I ₂ D'G'

Определить, для каких быков происхождение от производителя 209 исключается.

Задание 2. Свиноматка была осеменена спермой двух хряков. Результаты иммунологического исследования родителей и потомства приведены в таблице 18.

Таблица 18 - Группы крови хряков, матки и поросят

Животное и его номер	Антигены											
	A	Ea	Eв	E	E	E	a	в	Hв	Ka	Kв	A
Матка 460	+	+	-	-	+	-	-	-		+	+	-
Хряк 320	+	+	+	+	+	-	+	-		+	+	+
Хряк 316	+	-	-	+	+	+	-	+		+	+	-
Поросенок 135	+	-	-	+	+	-	-	+		-	+	-
Поросенок 136	+	-	-	+	+	+	-	-		+	+	-
Поросенок 137	-	+	+	+	+	-	+	-		+	+	+
Поросенок 138	+	-	-	+	+	+	-	+		-	+	-

Поросенок 139	-	+	+	+	+	-	+	-		+	+	-
Поросенок 140	-	-	-	-	+	-	-	-		+	+	-

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

1. Что такое антигены и антитела?
2. В чем заключается кодоминантное наследование группы крови?
3. Что называется системой групп крови?
4. В чем заключается иммуногенетический контроль за происхождением животных?
5. Как наследуются группы крови в пределах одной и разных систем?
6. Чем отличаются крови с.-х. животных?

ГЛОССАРИЙ

Аберрация хромосомная (или хромосомная аномалия) — обобщенное название любого из типов хромосомных мутаций: делеций, транслокаций, инверсий, дупликаций. Иногда также обозначают и геномные мутации (анеуплодии, трисомии и т. д.).

Аберрации хромосом (синоним - структурные мутации) – изменения структуры одной или группы хромосом.

Аллель — одна из двух или более альтернативных форм гена, каждая из которых характеризуется уникальной последовательностью нуклеотидов; аллели, как правило, отличаются последовательностями нуклеотидов.

Аллель дикого типа (нормальный) — нуклеотидная последовательность гена, обеспечивающая его нормальную работу.

Аллель доминантный - аллель, наличие которого проявляется в фенотипе.

Аллель мутантный - мутация, приводящая к изменению последовательности аллеля дикого типа.

Аллель рецессивный - аллель, фенотипически проявляющийся только в гомозиготном состоянии и маскирующийся в присутствии доминантного аллеля.

Аллельные серии - моногенные наследственные заболевания, вызванные различными мутациями в одном и том же гене, но относящиеся к разным нозологическим группам по своим клиническим проявлениям.

Ампликон- внехромосомная единица амплификации.

Амплификатор ДНК (термоциклер) - прибор, необходимый для проведения полимеразной цепной реакции (ПЦР); позволяет задавать нужное количество циклов и выбирать оптимальные временные и температурные параметры для каждой процедуры цикла.

Амплификация— увеличение числа копий генов (количества ДНК).

Амплификация ДНК - выборочное копирование определённого участка ДНК.

Амфидиплоиды— эукариотические клетки, содержащие два двойных набора хромосом в результате объединения двух геномов.

Анеуплоидия – увеличение числа хромосом в клетке на одну,

более одной (гипердиплоидный набор хромосом) или уменьшение на одну, две (гиподиплоидный набор хромосом) в кариотипе.

Анеуплоидия (от греч. an. – отрицательная частица, eu – хорошо, вполне, ploos – кратный, eidos – вида). Гетероплоидия, явление при котором клетки организма содержат измененное число хромосом, не кратное гаплоидному набору. Основной механизм возникновения анеуплоидии – не расхождение и потери отдельных хромосом в митозе и мейозе. Анеуплоидия приводит понижению жизнестойкости и нередко к гибели анеуплоидов, особенно у животных (анеуплоидия лежит в основе ряда хромосомных болезней). В генетическом анализе с помощью анеуплоидии (скрещивая мутантов с анеуплоидами по определенным хромосомам) определяют, в какой группе сцепления находится исследуемый ген. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. –С.27).

Антикодон - последовательность из трёх нуклеотидов в молекуле транспортной РНК, комплементарная кодирующему триплету в молекуле мРНК.

Антимутагенез - процесс предотвращения закрепления (становления) мутации, т. е. возврат первично повреждённой хромосомы или гена в исходное состояние.

Аутбридинг (англ. dut – вне, breeding – разведение), скрещивание или система скрещиваний неродственных форм одного вида. «Неродственность» подразумевает отсутствие общих предков в ближайших 4-6 поколениях. Аутбридинг используют для повышения или сохранения определенной степени гетерозиготности особей (гетерозиготы часто превосходят по многим биологическим параметрам гомозиготные формы). (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С.44.).

Аутосомы (от греч. autos – сам, soma – тело), все хромосомы в клетках раздельнополых животных, растений и грибов, за исключением половых хромосом. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С.44.

Аутосома - любая неполовая хромосома. У человека имеется 22 пары аутосом.

Аутосомно-доминантное наследование - тип наследования, при котором одного мутантного аллеля, локализованного в аутосоме, достаточно, чтобы болезнь (или признак) могла быть выражена.

Аутосомно-рецессивное наследование - тип наследования признака или болезни, при котором мутантный аллель, локализованный в аутосоме, должен быть унаследован от обоих родителей.

Бактериофаг - вирус бактерий: состоит из ДНК или РНК, упакованной в белковую оболочку.

Банк (библиотека) генов - полный набор генов данного организма, полученный в составе рекомбинантных ДНК.

Белковая инженерия - создание искусственных белков с заданными свойствами путём направленных изменений (мутаций) в генах или путём обмена локусами между гетерологичными генами.

Биопсия хориона - процедура, осуществляемая на 7—11-й неделе беременности, с целью получения клеток для пренатальной диагностики.

Биогенез (от греч. *bios* – жизнь, *genesis* – происхождение, возникновение) – образование органических соединений живыми организмами. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С.60.).

Биогенетический закон, обобщение в области взаимоотношений, онтогенеза и филогенеза организмов, установленное Ф.Мюллером (1864) и сформулированное Э.Геккелем (1866). Онтогенез всякого организма есть краткое и сжатое повторение (рекапитуляция) филогенеза данного вида.

Биогеоценоз (*bios* – жизнь, греч. *ge* – Земля, *koínos* – общий), однородный участок земной поверхности с определенным составом живых (биоценоз) и косных (приземный слой атмосферы, солнечная энергия, почва и др.) компонентов, объединенных обменом вещества и энергии в единый природный комплекс. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С.62).

Биологическая номенклатура, система научных названий в биологии для групп организмов, связанных той или иной степенью родства – таксонов. Биологическая номенклатура обеспечивает единство и стабильность научных названий животных.

Биология развития, раздел биологии, изучающий причинные механизмы и движущие силы индивидуального развития (онтогенеза) животных и растений. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С.67).

БИОМ (англ. – *biome*, от греч. *bios* – жизнь и лат. *oma* – окончание, обозначающее совокупность), совокупность различных групп

организмов и среды их обитания в определенной ландшафтно-географической зоне. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С.68).

Биометрия (от *bios* – жизнь и греч. *metreo* – измеряю) раздел вариационной статистики с помощью методов которого производят обработку экспериментальных данных и наблюдений, а также планирование количественных экспериментов в биологических исследованиях.

Биосинтез (от *bios* – жизнь и греч. *synthesis* – соединение), образование органических веществ из более простых соединений, происходящее в живых организмах под действием биокатализаторов – ферментов.

Биосфера (от био... и греч. *sphaira* – шар), оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой определяются совокупной деятельностью живых организмов.

Биотехнология (от био..., греч. *techne* – искусство, мастерство и ...логия...) использование живых организмов и биологических процессов в производстве.

Биотип (от био... и тип) совокупность особей в составе популяции, имеющих сходный генотип, мельчайшая таксономическая категория из которой складывается вид. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С.70).

Биохимия, биологическая химия, наука о химическом составе живой материи и о химических процессах, происходящих в живых организмах и лежащих в основе их жизнедеятельности.

Биоценоз (от био... и ценоз) совокупность животных, растений, грибов и микроорганизмов, совместно населяющих участок суши или водоема.

Биоцикл (от био... и греч. *kuklos* – круг) закономерная смена фаз или стадии развития организма.

Биоэлектрические потенциалы, электрические потенциалы, возникающие в тканях и отдельных клетках живых организмов, важнейшие компоненты процессов возбуждения и торможения.

Биоэнергетика совокупность процессов преобразования энергии в биологических системах, а также раздел биологии, изучающий эти процессы.

Борьба за существование, одно из основных понятий в теории эволюции Ч.Дарвина, которое он употреблял для обозначения всей совокупности отношений между особями и различными факторами

внешней среды. Эти отношения определяют успех или неудачу данной особи в выживании и оставлении потомства и включают внутривидовую и межвидовую конкуренцию, а также отношения хищник-жертва, взаимодействие организмов с абиотическими факторами внешней среды.

Бонитировка – определение уровня племенной ценности животных путем оценки их по комплексу признаков (породность, продуктивные качества, экстерьерно-конституциональные особенности) с присвоением соответствующего класса.

Блотинг - перенос молекул ДНК, РНК или белка из геля, в котором шёл электрофорез, на фильтр (мембрану).

Саузерн блоттинг - метод идентификации участков ДНК, содержащих комплементарные ДНК-зонду последовательности, среди электрофоретически разделенных фрагментов ДНК, фиксированных на твердом матриксе (нитроцеллюлозных или нейлоновых фильтрах).

Вакцина - препарат ослабленного или убитого инфекционного агента (вируса, бактерии и т. п.) или его отдельных компонентов, несущих антигенные детерминанты, способный вызывать образование иммунитета к данной инфекции у животных (человека). Кроме того, в последнее время появились вакцины, произведенные методами генной инженерии (примером такой вакцины может служить вакцина против гепатита В).

Везикулы - мембранные пузырьки. Кроме того, везикулами в медицине называют любые элементы сыпи, представляющие собой пузырьки.

Вектор - молекула ДНК, способная к включению чужеродной ДНК и к автономной репликации, служащая инструментом для введения генетической информации в клетку.

Ветеринария (область ветеринарии) – область специальных научных знаний и практической деятельности, направленная на изучение болезней и пищевых отравлений (поражений) животных, их профилактику, диагностику, лечение и ликвидацию, обеспечение соответствия объектов государственного ветеринарного надзора требованиям законодательства Республики Казахстан в области ветеринарии, а также защиту населения от болезней, общих для животных и человека.

Ветеринарно-санитарная безопасность – состояние объектов

государственного ветеринарного надзора, не представляющее опасности для здоровья животных и человека при обычных (установленных) условиях их использования.

Ветеринарно-санитарная экспертиза – проверка соответствия животных, продуктов и сырья, животного происхождения, ветеринарным нормативам комплекса органолептических, биохимических, микро-биологических, паразитологических, токсикологических и радиологи-ческих исследований в порядке, установленном уполномоченным государственным органом в области ветеринарий.

Ветеринарные мероприятия – комплекс противоэпизоотологических, ветеринарно-санитарных процедур, направленных на предотвращение возникновения, распространения или ликвидацию болезней животных, включая их профилактику, лечение или диагностику; обезвреживание (обеззараживание), изъятие и уничтожение животных; обеспечение безопасности продуктов и сырья животного происхождения, включая процедуры идентификации, в целях защиты здоровья животных человека от заразных болезней, в том числе, общих для животных и человека.

Вид (Species), основная структурная единица в системе живых организмов, качественный этап их эволюции. Основная таксономическая категория в биологической систематике. Обычно под видом понимается совокупность популяции особей, способных к скрещиванию с образованием плодovитого потомства, населяющих определенный ареал, обладающих рядом общих морфологических признаков и типов взаимоотношений с абиотической и биотической средой и отделенных от других таких же групп особей практически полным отсутствием гибридных форм. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С.94-95).

Видообразование, процесс возникновения новых видов посредством разветвления предковой филетической линии на несколько новых, постепенное превращение (во времени) одного вида в другой (так называемое филетическое видообразование происходящее без увеличения числа видов), а также образование новых видов путем гибридизации.

Вектор для клонирования - любая небольшая плазмида, фаг или ДНК-содержащий вирус животных, в которые может быть встроена чужеродная ДНК.

Вирусы - инфекционные агенты неклеточной природы, способные в процессе реализации генетической информации, закодированной в их геноме, перестроить метаболизм клетки, направив его в сторону синтеза вирусных частиц. Вирусы могут иметь белковую оболочку, а могут и состоять только из ДНК или РНК.

Водородная связь - образуется между электроотрицательным атомом молекулы (кислород, азот) и электроположительным ядром водорода (протоном), который, в свою очередь, ковалентно связан с другим электроотрицательным атомом той же или соседней молекулы.

Врождённые болезни - болезни, имеющиеся при рождении, могут быть как наследственными, так и дефектами индивидуального развития организма.

β-Галактозидаза - фермент, гидролизующий – β-галактозиды, в частности лактозу, с образованием свободной галактозы.

Габитус, хабитус (от лат.habitus – внешность, наружность) внешний облик организма, совокупность признаков, характеризующих общий тип телосложения.

Гамета - зрелая половая клетка.

Гамета (от греч. gamete – жена, gametes – муж) половая клетка, репродуктивная клетка животных и растений. Гаметы обеспечивают передачу наследственной информации от родителей потомкам. Гаметы обладают гаплоидным набором хромосом, что обеспечивается сложным процессом гаметогенеза.

Гаметогенез (от гамета и ... генез), развитие половых клеток (гамет). Гаметогенез у большинства животных бывает локализованный (гаметы развиваются в половых железах – гонадах).

Гамия (от греч. gamos – брак), часть сложных слов, означающая отношение между полами, половой процесс, оплодотворение.

Гаплоид - клетка, содержащая одинарный набор генов или хромосом.

Гаплоид (от греч. haploos – одиночный, простой и eidos – вид), организм (клетка, ядро) с одинарным (гаплоидным) набором хромосом, который обозначается латинской буквой n. У млекопитающих гаплоидны только половые клетки.

Гемизигота (от греч. *hemi* – полу и *зигота*) диплоидный организм, у которого имеется только одна доза определенных генов. Гемизиготное состояние может возникнуть вследствие анеуплоидии и делеций. В норме оно характерно для генов, локализующихся в половых хромосомах у особей гетерогаметного пола. Рecessивные аллели (мутации) в гемизиготном состоянии проявляются фенотипически, что используют, например, при оценке мутагенности анализируемых факторов. У человека гемизиготными по генам X-хромосоме являются мужчины, поэтому recessивные наследственные заболевания обусловленные такими генами (гемофилия, цветовая слепота, мышечная дистрофия и др.), встречаются чаще у мужчин, чем у женщин. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С.120).

Гемизиготность - состояние организма, при котором какой-то ген представлен в одной хромосоме.

Ген - последовательность нуклеотидов в ДНК, которая кодирует определённую РНК.

Генез (от греч. *genesis* – происхождение, возникновение), происхождение, процесс, образование, часть сложных слов, например онтогенез.

Генетика (от греч. *genesis* – происхождение), наука о наследственности и изменчивости живых организмов и методах управления ими.

Генетическая карта - схема расположения структурных генов и регуляторных элементов в хромосоме.

Генетический код - соответствие между триплетами в ДНК (или РНК) и аминокислотами белков.

Генная инженерия - совокупность приемов, методов и технологий получения рекомбинантных РНК и ДНК, выделения генов из организма (клеток), осуществления манипуляций с генами и введения их в другие организмы.

Генетическая инженерия, генная инженерия, раздел молекулярной генетики, связанный с целенаправленным созданием *in vitro* новых комбинаций генетического материала, способного размножаться в клетке-хозяине и синтезировать конечные продукты обмена.

Генетической инженерией называют прикладную молекулярную и клеточную генетику, разрабатывающую приемы

экспериментального вмешательства, позволяющего по заранее намеченному плану перестраивать геном организмов, изменяя содержащуюся в нем генетическую информацию (О.М.Гершензон //Основы современной генетик. –Киев: Науковадумка, 1983. -558 с.

Генетическая инженерия – прикладная молекулярная генетика, имеющая дело с элементарными генетическими системами – молекулами ДНК и их отдельными фрагментами. В основе генетической инженерии лежит технология рекомбинантной ДНК.

Генетическая инженерия сельскохозяйственных животных – прикладной раздел молекулярной генетики, разрабатывающий технологию гибридной (рекомбинантной) ДНК в целях повышения комбинативной наследственной изменчивости и создания животных с новыми генетическими признаками.

Генетическая информация, информация о свойствах организма, которая передается по наследству. Генетическая информация записана последовательностью нуклеотидов молекул нуклеиновых кислот (ДНК, у некоторых вирусов также РНК). У многоклеточных организмов при половом размножении. Генетическая информация передается из поколения в поколение посредством половых клеток.

Генетическая карта хромосомы, схема взаимного расположения генов, находящихся в одной группе сцепления. Расстояние между генами на генетической карте хромосом определяют по частоте кроссинговера между ними.

Генная терапия - введение генетического материала (ДНК или РНК) в клетку для восстановления нормальной функции.

Геном - общая генетическая информация, содержащаяся в генах организма, или генетический состав клетки.

Генотип 1) вся генетическая информация организма; 2) генетическая характеристика организма по одному или нескольким изучаемым локусам.

Ген-регулятор - ген, кодирующий регуляторный белок активирующий или подавляющий транскрипцию других генов.

Ген-репортер - ген, чей продукт определяется с помощью простых и чувствительных методов и чья активность в тестируемых клетках в норме отсутствует. Используется в генно-инженерных конструкциях для подтверждения наличия вектора.

Ген-усилитель (энхансер) - короткий сегмент ДНК, который влияет на уровень проявления (экспрессии) определённых генов,

увеличивая частоту инициации и транскрипции *Генетический анализ*, совокупность методов исследования наследственных свойств организма (его генотипа). К основным методам генетического анализа относятся: селекционный метод, с помощью которого осуществляют подбор или создание исходного материала, подвергающегося дальнейшему анализу: гибридологический метод, представляющий собой систему специальных скрещиваний и учета результатов; цитогенетический метод, заключающийся в цитологическом анализе генетических структур и явлений на основе гибридологического анализа с целью сопоставления генетических явлений со структурой и поведением хромосом и их участков (анализ хромосомных и геномных мутаций, построение цитологических карт хромосом, цитохимическое изучение активности генов и т.п.). (Биология. БЭС. М: БРЭ, 1999. - С.124).

Генетическая анеуплоидия – показатель доли генетически анеуплоидных клеток, определяется как удвоенное число доли гипердиплоидных клеток.

Генетическая аномалия (синоним генетический риск образования аномальных клеток) – определяет долю клеток, ставших аномальными вследствие численных или структурных изменений отдельных хромосом или всего генома. Генетическая анеуплоидия определяется суммированием числа полиплоидных клеток, клеток с хромосомными aberrациями и генетически анеуплоидных клеток.

Генетический груз, часть наследственной изменчивости популяции, которая определяет появление менее приспособленных особей, подвергающихся избирательной гибели в процессе естественного отбора.

Генетический код, свойственная живым организмам единая система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот в виде последовательности нуклеотидов: определяет последовательность включения аминокислот в синтезирующуюся полипептидную цепь в соответствии с последовательностью нуклеотидов ДНК гена.

Генетический материал. Компоненты клетки, структурно-функциональное единство, которых обеспечивает хранение, реализацию и передачу наследственной информации при вегетативном и половом размножении.

Генокопия (от ген и лат. copia – множество, запас), одинаковые изменения фенотипа, обусловленные аллелями различных генов.

Геном (нем. – Genom). Совокупность генов, характерных для гаплоидного набора хромосом данного вида организмов; основной гаплоидный набор хромосом.

Геномный анализ, метод цитогенетического анализа, заключающийся в определении геномного состава аллополиплоидов и общности геномов в пределах родственных систематических групп организмов (видов, родов и др.). Геномный анализ основан на анализе поведения хромосом в мейозе у гибридных форм. Конъюгация между хромосомами, полученными гибридом от разных родителей, свидетельствует о наличии у родительских форм общих геномов, а обнаружение унивалентов об отсутствии общности. Окончательные выводы делают после количественного учета числа хромосом, уни – и бивалентов у гибрида. Генетический анализ позволяет делать предположения о происхождении и степени родства между изучаемыми видами. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. –С.126).

Геномные мутации (синоним - числовые мутации хромосом) – изменения числа хромосом в кариотипе, подразделяются на полиплоидию и анеуплоидию.

Генотип (от ген и греч. typos – отпечаток), генетическая (наследственная) конституция организма, совокупность всех наследственных зачатков данной клетки или организма, включая аллели генов, характер физического сцепления в хромосомах и наличие хромосомных перестроек. Генотип контролирует развитие, строение и жизнедеятельность организма, то есть совокупность всех признаков организма - его фенотип. Особи с разным генотипом могут иметь одинаковый фенотип, поэтому для определения генотипа организма необходимо проводить его генетический анализ, например анализирующее скрещивание. Особи с одинаковым генотипом могут отличаться друг от друга по фенотипу. Поэтому в генетике используют понятие о норме реакции – возможном размахе фенотипической изменчивости без изменения генотипа под влиянием внешних условий (генотип определяет пределы нормы реакции). (Инге-Вечтонов С.Г. Система генотипа //Физиологическая генетика, Л., 1976, С.57-114).

Гетеро... (от греч. heteros – иной, другой), часть сложных слов,

означающая разнородность, чужеродность (противоположное гомо... или гомео...) например гетерогамия, гетерокарпия.

Гетерогаметность (от гетеро... и гаметы), характеристика организма или группы организмов, имеющих в своем хромосомном наборе одну половую хромосому (тип XO) или пару различающихся половых хромосом (X и Y) и вследствие этого образующих разные гаметы. Пол, представленный особями с такими наборами половых хромосом называют гетерогаметным.

Гетерогенез (от гетеро... и ...генез) внезапное появление особей, резко отличающихся по ряду признаков от родительских форм.

Гетерозигота (от гетеро... и зигота) организм (клетка) у которого гомологичные хромосомы несут различные аллели (альтернативные формы) того или иного гена. Гетерозиготность, как правило, обуславливает высокую жизнеспособность организмов, хорошую приспособляемость их к изменяющимся условиям среды и поэтому широко распространена в природных популяциях. В экспериментах гетерозигот получают скрещиванием между собой гомозигот по различным аллелям. Термин гетерозигота используют и для хромосомных перестроек (говорят о гетерозиготе по инверсии, транслокации и т.п.). (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С.129-130).

Гетерозигота - клетка (или организм), содержащая два различных аллеля в конкретном локусе гомологичных хромосом.

Гетерозиготность - наличие разных аллелей в диплоидной клетке.

Гетерозиготный организм - организм, имеющий две различные формы данного гена (разные аллели) в гомологичных хромосомах.

Гетерохроматин - область хромосомы (иногда целая хромосома), имеющая плотную компактную структуру в интерфазе из-за отсутствия транскрипции.

Гибридизация in situ - гибридизация между денатурированной ДНК клеток на предметном стекле и меченной радиоактивными изотопами или иммунофлюоресцентными соединениями одноцепочечной РНК или ДНК.

Гибридизация ДНК - образование в опыте двуцепочечной ДНК или дуплексов ДНК:РНК в результате взаимодействия комплементарных нуклеотидов.

Гибридизация соматических клеток - слияние неполовых клеток, способ получения соматических гибридов.

Гибридомы - гибридные лимфоидные клетки, полученные путём слияния опухолевой миеломной клетки с нормальными лимфоидными клетками иммунизированного животного или человека.

Гликозилирование - присоединение к белку углеводного остатка.

Голандрическое наследование - наследование, сцепленное с Y-хромосомой.

Гомозигота - клетка (или организм), содержащая два одинаковых аллеля в конкретном локусе гомологичных хромосом.

Гомозиготность - наличие одинаковых аллелей в диплоидной клетке.

Гомозиготный организм - организм, имеющий две идентичные копии данного гена в гомологичных хромосомах.

Гомологичные хромосомы - хромосомы, одинаковые по набору составляющих их генов.

Группа сцепления - все гены, локализованные в одной хромосоме.

Гетерозис (от греч. heterosis – изменение, превращение), «гибридная мощность», превосходство гибридов по ряду признаков и свойств над родительскими формами. Термин гетерозис предложен Дж.Шеллом в 1914. Как правило, гетерозис характерен для гибридов первого поколения, полученных при скрещивании неродственных форм: различных линий, пород, видов. В дальнейших поколениях (скрещивание гибридов между собой) его эффект ослабляется и исчезает. В животноводстве гетерозис у животных нередко приводит к значительному повышению продуктивности. Однако, его использование часто недостаточно эффективно, так как до сих пор не решена проблема закрепления гетерозиса в ряду поколений. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С.130).

Гетерохроматин (от гетеро... и хроматин) участки хроматина, находящиеся в конденсированном (плотно упакованном) состоянии в течение всего клеточного цикла. Интенсивно окрашиваются ядерными красителями и хорошо видны в световой микроскоп даже во время интерфазы. Различают факультативный и конститутивный

(структурный) гетерохроматин. Факультативный гетерохроматин присутствует только в одной из гомологичных хромосом. Пример гетерохроматина такого типа - вторая X-хромосома у женской особи млекопитающих, которая в ходе раннего эмбриогенеза инактивируется вследствие ее необратимой конденсации. Структурный гетерохроматин содержится в обеих гомологичных хромосомах, локализован преимущественно в экспонированных участках хромосомы – в центромере, теломере, ядрышковом организаторе (во время интерфазы он располагается неподалеку от ядерной оболочки), обеднен генами. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С.131).

Гибрид (от лат. hybrida, hybrida – помесь), организм (клетка), полученный в результате объединения материала генотипически разных организмов (клеток), то есть гибридизаций. Отдаленные гибриды (разных таксонов видов и выше) в природе встречаются довольно редко и, как правило, бесплодны. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С. 132).

Гибридизация, процесс образования или получение гибридов, в основе которого лежит объединение генетического материала разных клеток в одной клетке. Может осуществляться в пределах одного вида (внутривидовая гибридизация, гибриды характеризуются гетерозиготностью по многим или анализируемому гену) и между разными систематическими группами (отдаленная гибридизация, при которой происходит объединение разных геномов). Для первого поколения гибридов часто характерен гетерозис, выражающийся в лучшей приспособляемости, большей плодовитости и жизнеспособности организма. При отдаленной гибридизации гибриды, как правило, неплодовиты. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. -С. 132).

Гибридологический анализ, анализ характера наследования признаков с помощью системы скрещиваний. Гибридологический анализ заключается в получении гибридов и дальнейшем их сравнительном анализе в ряду поколений (анализ расщепления). Информация, полученная при гибридологическом анализе, необходима для получения организмов с заданными генетическими свойствами. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С. 132- 133).

Гиподиплоидные клетки (синоним гипоплоидия) – уменьшение числа хромосом в кариотипе, у верблюдов $2n < 74$ (70,72,73).

Гипердиплоидные клетки (синоним гиперплоидия) – увеличение числа хромосом в кариотипе, у верблюдов $2n > 74$ (75,76,78).

Гомогаметность (от гомо... и гамета), характеристика организма имеющего в хромосомном наборе пару или несколько пар гомологичных половых хромосом и вследствие этого образующих одинаковые по набору хромосом гаметы. Пол, представленный такими особями называют гомогаметными. Для млекопитающих гомогаметность характерна для женского пола (XX) у птиц гомогаметны самцы (ZZ).

Гомозигота (от гомо... и зигота), диплоидная или полиплоидная клетка (особь), гомологичные хромосомы которой несут идентичные аллели того или иного гена. Получают гомозигот, как правило, с помощью инбридинга той или иной степени.

Гомологических рядов наследственной изменчивости закон, устанавливает параллелизм в наследственной изменчивости организмов со сходным набором генов. Закон объясняет полиморфность видов и, таким образом, обосновывает целостность вида, несмотря на существование в его пределах морфологически четко различающихся форм. С другой стороны, закон вносит ясность в явление фенотипической однородности множества видов, которая может быть связана с их L гетерозиготностью и явлением доминирования, что и выявляется при инбридинге. Закон гомологических рядов отражая общую закономерность мутационного процесса и формообразования организмов является биологической основой методов целенаправленного получения нужных наследственных изменений. (Биология. БЭС. М: БРЭ, 1999. -С.152-153).

Гомологичные хромосомы содержат одинаковый набор генов, сходных по морфологическим признакам, конъюгируют в профазе мейоза. В диплоидном наборе хромосом каждая пара хромосом представлена двумя гомологичными хромосомами, которые могут различаться аллелями, содержащихся в них генов и обмениваться участками в процессе кроссинговера.

Гомология (от греч. homologia – соответствие, согласие) соответствие органов у организмов разных видов, обусловленные их филогенетическим родством.

Группа крови, иммуногенетический признак крови, обусловлен-

ные специфическими антигенами (изоантигенами) и позволяющие делить кровь особей одного вида на группы.

Дактилоскопия генная - выявление вариаций в числе и длине tandemных повторов ДНК.

Дегенерация (от лат. degenero – вырождаюсь), упрощение структуры органов и тканей в процессе онтогенеза организмов. Редукция отдельных органов и целых систем в процессе филогенеза.

Дезоксирибонуклеиновые кислоты, ДНК, нуклеиновые кислоты, содержащие в качестве углеводного компонента дезоксирибозу, а в качестве азотистых оснований аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц), тимин (Т). Присутствует в клетках любого организма, а также входит в состав многих вирусов.

Дезоксирибонуклеотиды, нуклеотиды, содержащие углевод дезоксирибозу, пуриновое (аденин или гуанин) или пиримидиновое (цитозин или тимин) основание и остатки фосфорной кислоты; мономеры, из которых построены ДНК. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С.171).

Деление, форма размножения некоторых организмов и многих клеток, входящих в состав клеток многоклеточных.

Делеция (от лат. deletion – уничтожение), тип хромосомной перестройки, в результате которой выпадает участок генетического материала. Размер делеции от нескольких нуклеотидных пар до фрагментов, содержащих ряд генов.

Делеция - тип хромосомной мутации, при которой утрачивается участок хромосомы; тип генной мутации при которой выпадает участок молекулы ДНК.

Денатурация - нарушение пространственной структуры молекулы в результате разрыва внутри- или межмолекулярных нековалентных связей.

ДНК-полимераза - фермент, ведущий матричный синтез ДНК.

Диплоид (от греч. diploos – двойной и eidos – вид), организм, клетки которого несут два гомологичных набора хромосом.

Домашние гены (Housekeeping gene) - это гены, которые транскрибируются с относительным постоянством и используются в качестве нормализатора (стандарта) в PCR (полимеразной цепной реакции), поскольку предполагается, что на их экспрессию не влияют условия эксперимента.

Доминантность - преимущественное проявление только одного аллеля в формировании признака у гетерозиготной клетки.

Доминантность, участие только одного аллеля в определении признаков у гетерозиготных особей. Когда нет доминирования различают следующие варианты фенотипа: промежуточный (неполное доминирование), более функциональный по данному признаку (сверхдоминирование) и фенотип, обусловленный обоими аллелями (кодминантность).

Доминантный - признак или соответствующий аллель, проявляющийся у гетерозигот.

Дрейф генов, генетико-автоматические процессы изменения частоты генов в популяции в ряду поколений под действием случайных (стохастических) факторов, приводящее, как правило, к снижению наследственной изменчивости популяции. В генотипической структуре популяции под действием дрейфа генов происходит усиление процесса гомозиготизации, которая нарастает с уменьшением численности популяции. Связано это с тем, что в популяциях ограниченного размера увеличивается частота близкородственных скрещиваний, и в результате заметных случайных колебаний частот отдельных генов происходит закрепление от них аллелей при одновременной утрате других. (Биология. БЭС. М.: БРЭ, 1999. - С. 185).

Дрейф генов - изменение частот генов в ряду поколений, обусловленное случайными событиями митоза, оплодотворения и размножения.

Дупликация - тип хромосомной мутации, при которой удвоен какой-либо участок хромосомы; тип генной мутации, при которой удвоен какой-либо участок ДНК.

Зонд генетический - короткий отрезок ДНК или РНК известной структуры или функции, меченный каким-либо радиоактивным или флуоресцентным соединением.

Изменчивость - вариабельность (разнообразие) признаков среди представителей данного вида.

Иммунитет - механизм борьбы организма с инфекционными агентами типа вирусов и микробов.

Иммунотоксин - комплекс между антителом и каталитической субъединицей какого-либо белкового яда (дифтерийного токсина, рицина, абрина и др.).

Индуктор - фактор (вещество, свет, теплота), вызывающий транскрипцию генов, находящихся в неактивном состоянии.

Индукция профага - инициирование вегетативного развития фага в лизогенных клетках.

Интеграза — фермент, осуществляющий внедрение какого-либо генетического элемента в геном через специфический сайт.

Интегроны - генетические элементы, которые содержат в себе ген интегразы, специфический сайт и рядом с ним промотор, что придает им способность интегрировать в себя мобильные генные кассеты и экспрессировать присутствующие в них беспромоторные гены.

Интерфероны - белки, синтезируемые клетками позвоночных в ответ на вирусную инфекцию и подавляющие их развитие.

Интрон - некодирующий участок гена, который транскрибируется, а затем удаляется из предшественника мРНК при её редактировании сплайсинге.

Интронированный ген - ген, содержащий интроны.

Интроны - повторяющиеся последовательности нуклеотидных остатков в ДНК.

Каллус - масса недифференцированных клеток, образующаяся при повреждении растения. Может образовываться из единичных клеток при их культивировании на искусственных средах.

Капсид - белковая оболочка вируса.

Кассета экспрессионная - фрагмент ДНК, содержащий все необходимые генетические элементы для экспрессии внедренного в него гена.

Кариотип — совокупность признаков хромосомного набора (число, размер, форма), характерных для того или иного вида, устанавливается путем определения постоянного диплоидного набора хромосом в клетке. Диплоидный набор хромосом верблюдов $2n=74$.

Кариосистематика — раздел систематики, изучающий структуру клеточного ядра у разных групп организмов. Кариосистематика развивалась на стыке систематики с цитологией и генетикой, обычно изучает строение и эволюцию хромосомного набора-кариотипа. Этот раздел биологической науки очень важен при изучении верблюдов разных видов, пород, помесных и гибридных верблюдов.

κДНК - однополовая ДНК, синтезируемая *in vivo* по матрице РНК с помощью обратной транскриптазы.

Клон - группа генетически идентичных клеток, возникших неполовым путём от общего предка.

Клонирование ДНК - процесс получения рекомбинантных молекул ДНК путем встраивания чужеродной ДНК в векторную молекулу ДНК или РНК и введение этой конструкции в фаговые, бактериальные или эукариотические клетки хозяина.

Клонирование клеток - их разделение путём посева в питательной среде и получение колоний, содержащих потомство от изолированной клетки.

Кодон - тройка расположенных подряд нуклеотидных остатков в ДНК или РНК, кодирующая определённую аминокислоту или являющаяся сигналом окончания трансляции.

Компартиментализация - ограничение процесса (продукта) определённой областью клетки.

Компетентность - способность клеток к трансформации.

Комплементарность (в генетике) - свойство азотистых оснований образовывать с помощью водородных связей парные комплексы аденин—тимин (или урацил) и гуанин—цитозин при взаимодействии цепей нуклеиновых кислот.

Конкатемерная ДНК - линейная ДНК, в которой некоторый элемент (например, фаговый геном) повторен несколько раз.

Контиг - в секвенировании группа из нескольких последовательно соединённых участков ДНК.

Конъюгат - комплекс из нескольких ковалентно связанных молекул.

Конъюгация - способ обмена генетической информацией у бактерий, при котором вследствие физического контакта между клетками происходит перенос клеточной, плазмидной или транспозонной ДНК от донорной клетки в реципиентную.

Космида - вектор, содержащий *cos*-сайт ДНК фага λ.

Кроссинговер - явление обмена участками гомологичных хромосом во время конъюгации при мейозе.

Лектины - белки, связывающие углеводы.

Лигаза - фермент, образующий фосфодиэфирную связь между двумя полинуклеотидами.

Лиганд - молекула, распознаваемая специфической структурой, например, клеточным рецептором.

Лидерная последовательность - N-концевая последовательность секретируемых белков, обеспечивающая их транспорт через мембрану и отщепляющаяся при этом.

Лизис - распад клетки, вызванный разрушением её оболочки.

Лизогения - явление носительства бактериальными клетками фага в виде профага.

Линия клеток - генетически однородные клетки животных или растений, которые можно выращивать *in vitro* в течение неограниченно долгого времени.

Линкер - короткий синтетический олигонуклеотид, применяемый для соединения фрагментов ДНК *in vitro*; обычно содержит участок узнавания определённой рестриктазой.

Липкие концы - комплементарные однонитевые участки ДНК, расположенные на концах молекул ДНК.

Липосомы - капельки жидкости, окруженные искусственной мембраной; искусственные липидные везикулы.

Литическое развитие фага - фаза жизненного цикла фага, начинающаяся инфекцией клетки и завершающаяся её лизисом.

Локус - участок ДНК (хромосомы), где расположена определённая генетическая детерминанта.

Маркерный ген - ген в рекомбинантной ДНК, кодирующий селективный признак.

Материнского эффекта гены - гены, проявляющиеся в яйцеклетке и определяющие фенотип потомства вне зависимости от генотипа самца.

Межвидовые гибриды - гибриды, полученные от слияния клеток, принадлежащих к разным видам.

Метаболизм - совокупность ферментативных процессов, обеспечивающих существование и воспроизведение клетки.

Метаболит - вещество, образующееся в химических реакциях живой клетки.

Метилазы - ферменты, присоединяющие метильную группу к определённым азотистым основаниям в ДНК.

Микросателлит - микросателлитный локус (STR – от английского Short Tandem Repeats): участок ДНК с определённой геномной локализацией, содержащий короткие tandemные повторы.

Миниклетки - клетки, не содержащие хромосомной ДНК. Модификация биополимера — изменение его структуры.

Мобильные элементы генома - последовательности ДНК, способные перемещаться внутри генома живых организмов.

Моногибридное скрещивание - скрещивание форм, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных признаков.

Мониторинг (от англ. monitoring) — представляет собой постоянное наблюдение за каким-либо процессом для выявления его соответствия желаемым параметрам или первоначальным предположениям.

Мониторинг — комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния биосферы или отдельных элементов под влиянием антропогенных воздействий с целью контроля ее качества и изменений.

Мутация — изменение типа, числа или порядка расположения нуклеотидов в генетическом материале.

Моноклональные антитела - антитела со специфичностью к определённом антигену, синтезируемые гибридомами.

Морфогенез - осуществление генетической программы развития организма.

Мутагенез - процесс индукции мутаций.

Мутагены - физические, химические или биологические агенты, увеличивающие частоту возникновения мутаций.

Мутация - изменение генетического материала, часто приводящее к изменению свойств организма.

Мутон - элементарная единица мутирования, т. е. наименьший участок генетического материала, изменение которого представляет собой улавливаемую фенотипически мутацию и приводит к нарушению функции к.-л. гена.

Наследственность - свойство организмов обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями, а также повторять определённый тип индивидуального развития.

Наследуемость - доля фенотипической изменчивости в популяции, обусловленная генетической изменчивостью (в отношении к определённому качественному или количественному признаку).

Нитрогеназа - фермент, осуществляющий фиксацию атмосферного азота.

Норма кариотипа (синоним конституциональный кариотипический статус) – особенности кариотипа, являющиеся обычными, то есть нормальными для клеток определенного типа или для всего организма. Норма кариотипа верблюдов: модальное число хромосом 74, в том числе 60 акроцентрических аутосом, 12 метацентрических аутосом и 2 половые хромосомы-гоносомы (XX - у самок, XY - у самцов).

Нуклеазы - общее название ферментов, расщепляющих молекулы нуклеиновых кислот.

Обратная транскриптаза - фермент, катализирующий реакцию синтеза ДНК на матрице РНК.

Олигонуклеотид - цепь ДНК, состоящая из нескольких (от 2 до 20) нуклеотидных остатков.

Онкогены - гены, чьи продукты обладают способностью трансформировать эукариотические клетки так, что они приобретают свойства опухолевых клеток.

Онкорнавирус - РНК-содержащий вирус, вызывающий перерождение нормальных клеток в раковые; содержит в своем составе обратную транскриптазу.

Оператор - регуляторный участок гена (оперона), с которым специфически связывается репрессор, предотвращая тем самым начало транскрипции.

Оперон - совокупность совместно транскрибируемых генов, обычно контролирующих родственные биохимические функции.

Плаزمид - кольцевая или линейная молекула ДНК, реплицирующаяся автономно от клеточной хромосомы.

Племенное животное – чистопородное, высококлассное, высокопродуктивное животное, отвечающее типу, направлению и уровню продуктивности, стандарту породы, имеющие документально подтвержденное происхождение.

Племенная продукция (материал) – племенное животное, его семя, эмбрионы.

Племенная ценность – уровень генетического потенциала племенного животного, влияющий на хозяйственно-полезные признаки потомства.

Полиплоидия – увеличение числа полных хромосомных наборов в четное и нечетное число раз. У верблюдов зарегистрированы триплоидия ($3n$) и тетраплоидия ($4n$).

Полилинкер - синтетический олигонуклеотид, содержащий участки узнавания для нескольких рестриктаз (см. рестриктаза).

Полимеразы - ферменты, ведущие матричный синтез нуклеиновых кислот.

Полипептид - белок, полимер, состоящий из аминокислотных остатков, связанных пептидными связями.

Праймер - короткая олиго- или полинуклеотидная последовательность со свободной 3'-ОН-группой, комплементарно связанная с однонитевой ДНК или РНК; с его 3'-конца ДНК-полимераза начинает наращивать полидезоксирибонуклеотидную цепь.

Прокариоты - организмы, у которых нет клеточного ядра.

Промотор - регуляторный участок гена (оперона), к которому присоединяется РНК-полимераза с тем, чтобы начать транскрипцию.

Протоонкогены - нормальные хромосомные гены, мутации которых могут привести к злокачественному перерождению клетки.

Протопласт - растительная или микробная клетка, лишённая клеточной стенки.

Профаг - внутриклеточное состояние фага в условиях, когда его литические функции подавлены.

Процессинг - частный случай модификации, когда в биополимере уменьшается число звеньев.

Регулон - система генов, разбросанных по всему геному, но подчиняющихся общему регуляторному белку.

Регуляция экспрессии генов - контроль над клеточной структурой и функцией, а также основа дифференцировки клеток, морфогенеза и адаптации.

Рекомбинантная молекула ДНК (в генетической инженерии) - получается в результате ковалентного объединения вектора и чужеродного фрагмента ДНК.

Рекомбинантная плаزمида - плазмида, содержащая фрагмент(ы) чужеродной ДНК.

Рекомбинантный белок - белок, полученный в результате экспрессии с рекомбинантной молекулы ДНК, часто получаемый в кишечной палочке.

Рекомбинация in vitro - операции in vitro, приводящие к созданию рекомбинантных молекул ДНК.

Рекомбинация гомологическая - обмен генетическим материалом между двумя гомологичными молекулами ДНК.

Рекомбинация сайт-специфическая - объединение путём разрыва и слияния двух молекул ДНК или участков одной молекулы, происходящее по определённым сайтам.

Рекон - элементарная единица генетической рекомбинации, т. е. минимального участка генетического материала, в пределах которого возможна рекомбинация.

Ренатурация - восстановление исходной пространственной структуры молекул.

Репарация ДНК - исправление повреждений молекулы ДНК, восстанавливающее её первоначальную структуру.

Репликатор - участок ДНК, ответственный за инициацию репликации.

Репликация - процесс удвоения молекул нуклеиновых кислот.

Репликон - молекула ДНК или её участок, находящиеся под контролем репликатора.

Репрессия - подавление активности генов, чаще всего путём блокирования их транскрипции.

Репрессор - белок или антисмысловая РНК, подавляющие активность генов.

Рестриктазы - группа бактериальных сайт-специфических эндонуклеаз, которые узнают определённые участки ДНК длиной от четырёх и более пар нуклеотидов и расщепляют нуклеотидную цепь внутри участка узнавания или вне его, образуя "липкие" или "тупые" концы.

Рестрикты - фрагменты ДНК, образовавшиеся после её гидролиза рестриктазой.

Рестрикционная карта - схема молекулы ДНК, на которой указаны места разрезания её различными рестриктазами.

Рестрикционный анализ - установление мест расщепления ДНК рестриктазами.

Ретровирусы - РНК-содержащие вирусы животных,

кодирующие обратную транскриптазу и образующие провирус с хромосомной локализацией.

Рецессивность - неучастие аллеля в формировании признака у гетерозиготной клетки.

Рибонуклеазы (РНКа́зы) - ферменты расщепляющие РНК.

Сайт - участок молекулы ДНК, белка и т. п.

Секвенирование - установление последовательности звеньев в молекулах нуклеиновых кислот или белков (полипептидов).

Селективные среды - питательные среды, на которых могут расти лишь клетки с определёнными свойствами.

Септум - структура образующаяся в центре бактериальной клетки в конце цикла деления и разделяющая её на две дочерние клетки.

Скрининг - поиск в рассевах клеток или фагов тех колоний, которые содержат рекомбинантные молекулы ДНК.

Слитый белок (полипептид) — белок, образованный слиянием двух различных полипептидов.

Соматические гибриды — продукт слияния неполовых клеток.

Соматические клетки - клетки тканей многоклеточных организмов, не относящиеся к половым.

Спейсер - в ДНК или РНК - не кодирующая последовательность нуклеотидов между генами; в белках - аминокислотная последовательность, связывающая соседние глобулярные домены.

Сплайсинг - процесс формирования зрелой мРНК или функционального белка путём удаления внутренних частей молекул — интронов РНК или интеинов у белков.

Суперпродуцент - микробный штамм, нацеленный на синтез определённого продукта в высокой концентрации.

Трансдукция - перенос фрагментов ДНК с помощью бактериофага.

Транскрипция - синтез РНК на ДНК-матрице; осуществляется РНК-полимеразой.

Транскрипт - продукт транскрипции, т. е. РНК, синтезированная на данном участке ДНК как на матрице и комплементарная одной из его нитей.

Транскриптаза обратная - фермент, синтезирующий по РНК как по матрице комплементарную ей однонитевую ДНК.

Трансляция - синтез полипептидной цепи белков, осуществляемый в рибосомах.

Транспозон - генетический элемент, реплицируемый в составе репликона и способный к самостоятельным перемещениям (транспозиции) и интеграции в разные участки хромосомной или внехромосомной ДНК.

Трансфекция - трансформация клеток с помощью изолированной ДНК.

Трансформация - изменение наследственных свойств клетки, вызванное поглощенной ДНК.

Трансформация (в молекулярной генетике) - перенос генетической информации посредством изолированной ДНК.

Трансформация (онкотрансформация) - частичная или полная дедифференцировка клеток, вызванная нарушением регуляции роста клеток.

Умеренный фаг - бактериофаг, способный лизогенизовать клетку и в виде профага находиться внутри бактериальной хромосомы или в плазмидном состоянии.

Фактор F (фактор фертильности, половой фактор) - конъюгативная F-плазида, найденная в клетках *E. coli*.

Фенотип - внешнее проявление свойств организма, зависящих от его генотипа и факторов окружающей среды.

Физиологическая гипоплоидия – показатель доли физиологически гиподиплоидных клеток, определяется как разница между долей гиподиплоидных клеток и гипердиплоидных клеток.

Химеры - лабораторные гибриды (рекомбинанты).

Хроматин - нитчатые комплексные молекулы дезоксирибонуклеопротеида (ДНП), которые состоят из ДНК, связанной с гистонами.

Хромосомы – органоиды клеточного ядра, являющиеся носителями генов и определяющие наследственные свойства клеток и организмов.

Цитогенетический мониторинг – комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений кариотипа животных в разрезе вида, породы, возраста, половой принадлежности, условий содержания и кормления животных с целью контроля их качества и изменений.

Центромера - локус на хромосоме, физически необходимый для распределения гомологичных хромосом по дочерним клеткам.

Шайн-Далгарно последовательность - участок прокариотической мРНК, необходимый для посадки на неё рибосом и её правильной трансляции. Содержит последовательность нуклеотидов, комплементарную 3'-концу 16S рибосомной РНК.

Шаффлинг ДНК - рекомбинация фрагментов генов двух и более гомологичных белков. Трехступенчатый процесс, включающий разрушение родительских молекул ДНК и два раунда амплификации (без праймеров и со специально подобранными), с целью получения восстановленных по длине, но измененных по составу (с перетасованными последовательностями) химерных молекул ДНК, с существенно улучшенными или новыми свойствами кодируемых ими белков

Штамм - линия клеток, бактерий (или вирусов), ведущая начало от одной клетки (или вируса).

Экзон - сохраняющаяся при сплайсинге часть интронированного гена.

Экзонуклеаза - фермент, гидролизующий фосфодиэфирные связи с концов ДНК.

Эксплантат - выделенный из организма материал какой-либо ткани.

Экспрессия гена - процесс реализации информации, закодированной в гене. Состоит из двух основных стадий — транскрипции и трансляции.

Электрофорез - разделение электрически заряженных полимеров в электрическом поле. Обычно ведется в гелях (гель-электрофорез), чтобы зоны разделяемых молекул не размывались тепловым движением.

Эндонуклеаза - фермент, гидролизующий фосфодиэфирные связи внутри нити ДНК.

Энхансер - регуляторный участок ДНК, усиливающий транскрипцию с ближайшего к нему промотора.

Эпизоотический мониторинг — система сбора количественных данных о распространении болезней животных, включая эпизоотологическое обследование и информацию о закономерностях развития конкретной болезни животных, природно-географических и экономических (хозяйственных)

условиях территорий их обитания (содержания, разведения), проводимых ветеринарно-санитарных мероприятиях, и последующая их статистическая обработка для анализа эффективности ветеринарно-санитарных мероприятий и прогнозирования возникновения, развития и ликвидации эпизоотий или панзоотий.

Эукариоты - организмы, клетки которых содержат ядра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова З. В. Учебное пособие по генетике. Ленинград, 1978 г.
2. Борисенко Е.Я. Методическое руководство к практическим занятиям по курсу генетики с.-х. животных. М., 1971 г.
3. Гофман-Кадошников П.Б., Ларцева С.Х. Руководство к практическим занятиям по генетике. М., Колос, 1975 г.
4. Дубинин Н.П. Общая генетика. М., Наука, 1986 г.
5. Иванова О. А. Генетика. М., Колос, 1974 г.
6. Иогансон И., Рендель Я. И др. Генетика и разведение домашних животных. 1970 г.
7. Кушнер Х.Ф. Наследственность с.-х. животных. М., 1964 г.
8. Ларцева С.Х., Муксинов М.К. Практикум по генетике. М., Агропромиздат, 1985 г.
9. Лобашев М.Е. Генетика. Л., ЛГУ, 1967 г.
10. Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике с.-х. животных. - М., Колос, 1970.
11. Меркурьева Е.К., Шангин-Березовский Г.Н. Генетика с основами биометрии. М., Колос, 1983 г.
12. Меркурьева Е.К., Абрамова З.В. и др. Генетика. М., Агропромиздат, 1991 г.
13. Мюнтцинг А. Генетика. М., Мир, 1967 г.
14. Петухов В.Л., Жигачев А.И. и др. Ветеринарная генетика с основами вариационной статистики. М., Агропромиздат, 1985г.
15. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. - М., Колос, 1969.
16. Плохинский Н.А. Биометрия. - М., Изд. Московского университета, 1970.
17. Хатт.Ф. Генетика животных. М., Мир, 1969г.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Материалы (вопросы) для контроля знаний по дисциплине

1. Генетика – наука о наследственности и изменчивости. Понятие о наследственности и изменчивости.
2. Явление доминирования и методы управления доминированием.
3. Множественный аллелизм как основа генетического полиморфизма белков и ферментов.
4. Виды наследственности.
5. Физиологическая теория определения пола Гольдшмидта.
6. Генетика групп крови АВО как пример активного иммунного ответа.
7. Хромосомы, их строение и химический состав. Понятие «кариотип».
8. Мутагенез. Основные факторы мутагенеза.
9. Генетическая структура популяций. Закон Харди-Вайнберга, генное равновесие и методы его определения.
10. Клетка – как генетическая система.
11. Проблема регуляции пола у животных. Гиногенез и андрогенез.
12. Определение степени гомо, - гетерозиготности популяции по локусам групп крови и полиморфным системам белков.
13. Работы предшественников Менделя. Переоткрытие Менделя.
14. Балансовая теория определения пола.
15. Транскрипция и трансляция.
16. Современная классификация изменчивости, причины, вызывающие эти типы изменчивости.
17. Понятие о пенетрантности и экспрессивности генов.
18. Доказательства роли нуклеиновых кислот в наследственности.
19. Внутренние и внешние причины изменчивости.
20. Взаимодействие генов по типу новообразования.
21. Видовая и породная наследственная устойчивость к инфекционным и инвазионным заболеваниям и ее значение.
22. Методы исследований, используемые в генетике.
23. Полимерия. Опыты Нильсона-Элле.
24. Современные представления о строении и функции гена. Эффект положения.
25. Классификация изменчивости по Дарвину и Тимирязеву.
26. Цитологические особенности самцов и самок. Гинандроморфизм.
27. Генетическая патология иммунной системы.

28. Роль ядра и других органелл клетки в передаче, сохранении и реализации наследственной информации.
29. Влияние генетической информации материнского организма на начальных этапах онтогенеза.
30. Пенетрантность и экспрессивность при наследовании аномалии.
31. Гаплоидный и диплоидный наборы хромосом. Аутосомы и половые хромосомы.
32. Наследование количественных признаков.
33. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости и его значение.
34. Митоз, его сущность и значение.
35. Эпистатическое действие генов.
36. Влияние генов на развитие признаков у прокариот и эукариот.
37. Мейоз, его сущность и значение.
38. Анеуплоидия и его значение.
39. Влияние отбора на генетическую структуру популяций.
40. Гаметогенез и генетические явления при гаметогенезе.
41. Явление сцепленного наследования.
42. Регуляция биосинтеза РНК и белков. Теория Жакоба и Манно о регуляции матричного синтеза по принципу обратной связи.
43. Оплодотворение у животных и генетические явления при оплодотворении.
44. Дигибридное скрещивание. Расщепление по фенотипу и генотипу при дигибридном скрещивании.
45. Динамика популяций и факторы, влияющие на нее.
46. Избирательность оплодотворения.
47. Плейотропное действие генов.
48. Генетический полиморфизм белков крови, молока, семенной жидкости и других биологических сред, методы их изучения.
49. Аллельность, понятие о множественном аллелизме. Понятие о гомо, гетерозиготности.
50. Генетические и цитологические карты и принципы их построения.
51. Несовместимость гамет как следствие антигенных различий.
52. Показатели, характеризующие среднее значение варьирующего признака.
53. Строение и репликация ДНК.
54. Цитологические основы расщепления при дигибридном и полигибридном скрещивании. Установление количества фенотипов, генотипов, сортов гамет.
55. Определение степени изменчивости варьирующего признака.
56. Строение и виды РНК.

57. Кроссинговер и его значение.
58. Критерии проверки генетических гипотез. Использование критерия соответствия χ^2 .
59. Аномалии с.-х. животных, обусловленные мутацией генов.
60. Сущность хромосомной теории наследственности.
61. Возрастная изменчивость состава белков организма.
62. Статистические ошибки, их значение и сравнение двух групп животных.
63. Возникновение полиплоидных клеток, полиплоидные ряды.
64. Основные приемы работы в области генетической инженерии.
65. Статистические связи и их использование в селекции.
66. Основные типы взаимодействия генов.
67. Моногибридное скрещивание и законы Менделя. Доминантность и рецессивность.
68. Относительная бисексуальность организмов. Фримартинизм.
69. Биотехнология в животноводстве.
70. Анализирующее скрещивание и его значение.
71. Эуплоидия и его значение.
72. Генетические аспекты иммунитета.
73. Наследование при неполном доминировании.
74. Соматическая гибридизация.
75. Генетический код и его значение.
76. Комплементарное действие генов.
77. Понятие о популяции и «чистой» линии.
78. Значение антигенных различий при пересадках зигот.
79. Криптометрия.
80. Наследование при нерасхождении половых хромосом.
81. Генетический анализ в изучении этиологии врожденных аномалий.
82. Гены – модификаторы.
83. Понятие и классификация мутаций.
84. Влияние отбора на изменчивость признака.
85. Величина перекреста и линейное расположение генов в хромосоме.
86. Биологическое значение пола и эволюция раздельнополости.
87. Определение доли влияния генетических и паратипических факторов на изменчивость признаков.
88. Генный баланс и генотипическая среда.
89. Критические периоды развития организма.
90. Понятие об антигенах. Виды антигенов, их генетическая обусловленность.
91. Закономерности наследования признаков, сцепленных с полом и их значение в селекции.

92. Получение аллофенных животных и их использование.
93. Понятие об отборе. Виды отбора.
94. Наследование ограниченных полом и зависимых от пола признаков.
95. Полиплоидия у животных и человека.
96. Классификация мутаций.
97. Понятие о генетических, наследственно-средовых и экзогенных аномалиях.
98. Значение мутаций для селекции и проблема направленного получения мутаций.
100. Методы изучения популяций.
101. Влияние среды на эффективность отбора.
102. Генетика как одна из основ эволюционного учения. Учение Дарвина о наследственности, изменчивости и отборе как факторах эволюции.
103. Сущность явлений наследственности и изменчивости.
104. Использование биометрических параметров в селекции.
105. Избирательность оплодотворения.
106. Виды доминирования.
107. Полигибридное скрещивание.
108. Наследование количественных признаков.
109. Карты хромосом.
110. Физиологическая теория определения пола.
111. Значение закона гомологических рядов наследственной изменчивости.
112. Генетическая сущность инбридинга и гетерозиса.
113. Проблема селекции для повышения резистентности животных.
114. Значение полиморфных систем для практики животных.
115. Работы Д.К. Беляева по изучению генетики поведения.
116. Анализ вариационных рядов и кривых.
117. Изменчивость признаков в малых выборках.
118. Изучение таблиц Стьюдента.
119. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена.
120. Однофакторный дисперсионный анализ.
121. Методы вычисления наследственности и повторяемости.
122. Кариотипы животных разных видов.
123. Гибридологический метод наследования.
124. Наследование количественных признаков.
125. Наследование признаков сцепленных с полом.
126. Определение частот фенотипов и генотипов.
127. Наследование групп крови.
128. Характеристика видов животных по генетическим параметрам.

ТЕСТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГЕНЕТИКА И БИОМЕТРИЯ»

1. Как в генетике называется фактор, нарушающий свободное спаривание особей внутри популяции:

1. отбор
2. миграция
3. мутация

2. Принято считать выборку малочисленной, если в группе:

1. $n < 50$
2. $n > 30$
3. $n < 30$

3. Организмы, на которых Жакоб Ф. и Моно Ж. открыли механизм индукции – репрессии:

1. *e. coli*
2. *drosophila melanogaster*
3. *fasciola hepatica*

4. Перечислите, что относят к наиболее сильным химическим мутагенам:

1. аналоги нуклеиновых кислот
2. неорганические соединения
3. кишечная палочка
4. дрозофила

5. Гинандроморфы – это особи, у которых:

1. особи, у которых одни части тела имеют признаки мужского организма, другие - женского
2. организмы, полученные путем партеногенеза
3. обладающие свойствами гермафродитов

6. Митотический цикл подразделяют на

1. интерфаза и митоз
2. митоз и интеркинез
3. интеркинез и мейоз

7. Сплайсинг – означает:

1. удаление интронов и соединение экзонов

2. удаление экзонов и интронов
3. удаление экзонов и соединение интронов

8. *Отметьте внутрихромосомные aberrации:*

1. делеция
2. транслокация
3. трансформация

9. *Процесс растворения антителами инородной клетки:*

1. лизис
2. гемолиз
3. агглютинация

10. *Гены, определяющие молочную продуктивность, имеют*

1. полигенную наследственность
2. цитоплазматическую наследственность
3. ложную наследственность

11. *Модальным классом является класс:*

1. несущий наибольшее количество вариантов
2. несущий наименьшее количество вариантов
3. делящий вариационный ряд на 2 части

12. *Ученые, достижения которых способствовали развитию генетики*

1. Г. Мендель
2. И. Иванов
3. П. Кулешов

13. *Общебиологический закон «О пользе скрещивания и вреде длительного разведения в родстве» впервые сформулировал:*

1. Ч. Дарвин
2. Г. Мендель
3. М.Ф. Иванов

14. *Закон распределения генетических параметров в панмиктических популяциях сформулировали:*

1. Харди и Вайнберг
2. Чирвинский и Малигонов
3. Дарвин и Мендель

15. Диплоидные клетки, из которых развиваются гаметы называются:

1. оогонии и сперматогонии
2. ооциты и сперматциты
3. зигота

16. Кроссинговер протекает:

1. в профазе 1 мейоза
2. метафазе 2
3. анафазе 1

17. Варианта, наиболее часто встречающаяся в совокупности:

1. мода
2. медиана
3. девиата

18. Состояние покоя между делениями мейоза – это:

1. интеркинез
2. интерфаза
3. телофаза

19. Для определения генетической структуры популяции можно применить:

1. закон Харди - Вайнберга
2. закон Вавилова
3. закон Моргана

20. Длительность жизни животного, прерываемая естественной смертью – это:

1. онтогенез
2. андрогенез
3. гиногенез

21. В каком году была открыта структурная модель ДНК:

1. 1900
2. 1953
3. 1865

22. Теория стабилизирующего отбора в 30-40 гг. 20 века создал:

1. И.И. Шмальгаузен
2. П.Н. Кулешов
3. Н.И. Вавилов

23. Основные положения мутационной теории в 1902 году создал и опубликовал:

1. С.И. Коржинский
2. Г. де Фриз
3. А.С. Серебровский

24. Наука о математических закономерностях биологии:

1. биометрия
2. цитогенетика
3. гистология

25. Кто является автором теории возникновения жизни на Земле в результате образования простых углеводородных соединений:

1. А.И. Опарин
2. М.В. Ломоносов
3. Ж. Ламарк

26. Современная теория эволюции имеет название:

1. синтетическая теория эволюции
2. популяция как единица эволюции
3. эволюционная теория

27. Перечислите 5 гипотез, объясняющие эффект гетерозиса:

1. гипотеза доминантных генов
2. гипотеза сверхдоминирования
3. теория облигатной гетерозиготности
4. гипотеза генетического баланса
5. экологический тип гетерозиса
6. правило «чистоты» гамет

28. Предрасположенность животного к стрессам обусловлена:

1. рецессивным геном
2. доминантным геном
3. типом высшей нервной деятельности

29. Гены с двойным действием (полезным и вредным) имеют название:

1. плеiotропное действие генов
2. комплементарное действие генов
3. модифицирующее действие генов

30. Причиной трисомии является:

1. неравное расхождение хромосом в мейозе чаще у матери
2. неравное расхождение хромосом чаще у отца
3. неполноценное кормление

31. Партеногенетически способны размножаться

1. тутовый шелкопряд
2. насекомые
3. млекопитающие

32. Кто впервые сформулировал положения о безусловных и условных рефлексах:

1. И.П. Павлов
2. И.М. Сеченов
3. Е.К. Меркурьева

33. Явление перекреста одновременно в двух участках:

1. перекрест
2. двойной кроссинговер
3. интерференция

34. Гены, непосредственно кодирующие синтез соответствующих ферментов:

1. структурные гены
2. ген - регулятор
3. акцепторные гены

35. Процесс восстановления первоначальной структуры молекулы ДНК:

1. репарация
2. элонгация
3. репликация

36. Наиболее распространен в практике животноводства метод определения степени инбридинга, предложенный:

1. А. Шапоружем
2. С. Райтом
3. Д.А. Кисловским

37. Внутривидовые антигенные детерминанты, присутствующие на иммуноглобулинах называются:

1. аллотипы

2. изотипы
3. идиотипы

38. *Одно из важнейших свойств генетического кода:*

1. координатность
2. триплетность
3. вырожденность

39. *Методы исследования, применяющиеся в генетике:*

1. гибридологический метод
2. физический метод
3. химический метод

40. *Методы направленного регулирования соотношения полов:*

1. электрофорез
2. воздействие низкой температуры
3. партеногенез

41. *В результате скрещивания AaBb x aabb образуются следующие генотипы:*

1. AaBb и aaBb
2. aabb и AABb
3. AABb и AaBb

42. *Для встраивания генов в бактериальную клетку используют:*

1. космиды и векторы
2. вирусы
3. ферменты

43. *Доминирование, при котором у гибридов первого поколения проявляются признаки своих предков, не мешая друг другу:*

1. полное доминирование
2. кодоминирование
3. сверхдоминирование

44. *Трисомия вызывает синдромы:*

1. Клайнфельтера
2. Дауна
3. Патау

45. Хромосомная теория наследственности, разработанная Морганом, включает следующие 3 положения:

1. гены, расположенные в одной хромосоме, представляют собой группу сцепления и наследуются совместно;
2. сцепление может быть нарушено кроссинговером;
3. частота кроссинговера зависит от расстояния между генами, хромосомы находятся в ядре клетки;

46. Какие изменения являются ненаследственными:

1. комбинативная
2. онтогенетическая
3. модификационная;

47. Ошибка коэффициента изменчивости обозначается

1. m_x
2. m_{Cv}
3. m_{Θ}

48. Коэффициент повторяемости колеблется в пределах:

1. 0-1
2. -1+1
3. -3+3

49. Коэффициент корреляции колеблется в пределах:

1. 0-1
2. -1+1
3. -3+3

50. Разность между средним уровнем признака и отобранной группы родителей называется:

1. селекционный дифференциал
2. эффект селекции
3. коэффициент отбора

51. Что такое дизруптивный отбор:

1. движущий;
2. стабилизирующий;
3. разрывающий;

52. Скрытые рецессивные гены в популяции создают:

1. генетический груз

2. хромосомные aberrации
3. точковые мутации

53. *Факторы нарушающие генетическую структуру популяции (несколько ответов):*

1. мутация
2. миграция
3. отбор
4. неполноценное кормление

54. *В результате кроссинговера повышаются:*

1. продуктивность
2. комбинативная изменчивость
3. онтогенетическая изменчивость

55. *Чистые линии – это:*

1. потомство одного самоопыляющегося растения
2. чистопородные животные
3. чистокровные животные

56. *Чистые линии:*

1. полную гомозиготность
2. сходную наследственность
3. потомство от самоопыляющегося растения
4. гетерозиготные особи;

57. *Процесс регуляции синтеза белков, разработанный Жакобом и Моно называется:*

1. механизм индукции - репрессии
2. репликации
3. трансформации

58. *На каких объектах впервые были получены индуцированные мутации*

1. дрожжевые грибы
2. дрозофилы
3. ячмень и кукуруза

59. *Кто из ученых внес вклад в изучении группы крови у животных (2 ученых):*

1. Эрлих

2. Моргенрот
3. И.П. Павлов

60. *Фенокопиями называются:*

1. изменение признака под влиянием внешних факторов, ведущие к копированию признака, обусловленного генотипом
2. резкие изменения в строении органов и проявлении признаков
3. варьирование степени выраженности признака

61. *Тератология изучает:*

1. уродства
2. строение организма
3. ткани и органы

62. *Эффект гетерозиса выражается:*

1. в повышении жизнеспособности и продуктивности потомства в сравнении с родительскими формами
2. в снижении воспроизводительной способности
3. в повышении гомозиготности организма

63. *Какое соотношение полов распространено в природе:*

1. 1:1
2. 1:2
3. 1:2:1
4. 3:1

64. *Секвенированием называется процесс:*

1. определение нуклеотидных последовательностей
2. расщепление ДНК
3. клонирование ДНК

65. *Псевдогены – это:*

1. неспособные синтезировать м РНК
2. структурные гены
3. акцепторные гены

66. *Первичным лимфоидным органом птицы является:*

1. фабрициева сумка
2. костный мозг
3. лимфатические узлы

67. *Ген – терминатор – это:*

1. кодон - терминатор
2. ген – регулятор
3. ген-подавитель

68. *Начало синтеза полипептидной цепи называется:*

1. инициация
2. элонгация
3. терминация

69. *Что представляет собой оперон:*

1. ген – оператор и структурные гены
2. ген – регулятор и ген - оператор
3. ген – регулятор и структурные гены

70. *Функция гена – регулятора:*

1. регулирование работы оперона
2. регулирование работы одних структурных генов
3. регуляция соотношения полов

71. *Сколько систем групп крови выявлено у свиней:*

1. 17
2. 16
3. 9

72. *Сколько систем групп крови выявлено у овец:*

1. 16
2. 14
3. 17

73. *Если центромера делит хромосому на два неравных плеча, то она называется:*

1. метацентрическая
2. субметоцентрическая
3. спутничная

74. *К инбридингу относится скрещивание:*

1. спаривание родственных между собой животных
2. спаривание неродственных между собой животных

75. Клозебридинг – это скрещивание по типу:

1. кровосмещение
2. аутбридинг
3. гибридизация

76. Скрещивание инбредных самцов с неинбредными самками носит название:

1. топкроссинг
2. инбридинг
3. аутбридинг

77. Скрещивание инбредных самок с неинбредными самцами носит название:

1. боттомкроссинг
2. инбридинг
3. интопкроссинг

78. Скрещивание по типу 4-5, 4-4 называется:

1. умеренный инбридинг
2. тесный инбридинг
3. близкий инбридинг

79. Скрещивание по типу 5-5 называется:

1. отдаленный инбридинг
2. тесный инбридинг
3. очень – тесный инбридинг

80. Последовательность фаз в митозе:

1. профазы, метафаза, анафаза, телофаза
2. анафаза, телофаза, профазы, метафаза
3. профазы, анафаза, метафаза, телофаза

81. Последовательность периодов в мейозе:

1. редукционное деление, интеркинез, эквационное деление
2. интеркинез, эквационное деление, редукционное деление
3. интеркинез, редукционное деление, эквационное деление

82. Что такое хиазмы:

1. перекрест
2. мутация
3. химерность

83. *Выраженность генетического кода означает:*

1. одна аминокислота кодируется несколькими кодонами
2. одна аминокислота кодируется одним кодоном
3. две аминокислоты кодируются одним кодоном

84. *Патологии по половым хромосомам носят название:*

1. геномные мутации
2. точковые мутации
3. хромосомные перестройки

85. *Патология XXУ носит название:*

1. Клайнфельтера
2. Дауна
3. Патау
4. Фанкони

86. *Патология XO носит название:*

1. Дауна
2. Тернера
3. Патау
4. Фанкони

87. *Синдром Клайнфельтера проявляется у:*

1. мужского пола
2. женского пола
3. интерсексов

88. *Синдром Шерешевского – Тернера проявляется у:*

1. женского пола
2. гинандроморфов
3. мужского пола

89. *Поведенческие навыки животных управляется:*

1. центральная нервная система
2. тип высшей нервной деятельности
3. условный рефлекс

90. *Поведение, будучи функцией определенного безусловного рефлекса, имеет:*

1. Генетическую основу

2. негенетическую основу
3. паратипическую основу

91. *Гены, которые потеряли способность синтезировать мРНК:*

1. псевдогены
2. гены – модификаторы
3. ген – оператор

92. *Введение фрагментов ДНК или их групп в плазмиды или вирусы позволяет осуществить:*

1. перенос в клетку чужеродного ДНК
2. клонирование ДНК
3. уничтожение ДНК

93. *1 закон Менделя носит название:*

1. доминирование и единообразия гибридов
2. расщепления
3. независимого наследования факторов

94. *3 закон Менделя сформулирован на основе:*

1. моногибридного скрещивания
2. дигибридного и полигибридного скрещивания
3. сверхдоминирования

95. *Во 2 поколении при дигибридном скрещивании наблюдается расщепление признаков в соотношении:*

1. 9:3:3:1
2. 3:1
3. 1:2:1

96. *Анализирующее скрещивание – это:*

1. скрещивание F_1 с рецессивной гомозиготной исходной формой
2. скрещивание гетерозиготных особей
3. скрещивание F_1 с доминантной гомозиготной формой

97. *Установленные Менделем закономерности выполняется при:*

1. полном доминировании
2. неполном доминировании
3. сверхдоминировании
4. кодоминировании

98. Сколько типов гамет продуцирует дигетерозиготный организм:

1. 4
2. 6
3. 1;0
4. 2

99. Сколько всевозможных сочетаний гамет обнаруживается при скрещивании дигетерозиготных организмов:

1. 12
2. 16
3. 13
4. 30

100. К показателям изменчивости относятся:

1. X, Mo, Me, H, G
2. \lim , Θ , C_v , t_H
3. r , R , h^2 , r_w

101. Как называют сыворотку, содержащую кроме желательных антител и другие:

1. сырая сыворотка
2. антисыворотка
3. сыворотка – реагент
4. антиген

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ БИОМЕТРИИ	8
Тема 1: ОБОЗНАЧЕНИЯ И СИМВОЛЫ В БИОМЕТРИИ	8
Тема 2: СОСТАВЛЕНИЕ И ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ВАРИАЦИОННЫХ РЯДОВ И КРИВЫХ	10
Тема 3: ХАРАКТЕРИСТИКА И ВЫЧИСЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СРЕДНИХ ВЕЛИЧИН	14
Тема 4: ПОКАЗАТЕЛИ ИЗМЕНЧИВОСТИ (РАЗНООБРАЗИЯ) ПРИЗНАКОВ.....	19
Тема 5: ОШИБКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ.	23
Тема 6: ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ РАЗНОСТИ МЕЖДУ СРЕДНИМИ АРИФМЕТИЧЕСКИМИ СРАВНИВАЕМЫХ ГРУПП.....	26
Тема 7: ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ПРИЗНАКАМИ.....	29
Тема 8: КРИТЕРИЙ СООТВЕТСТВИЯ ХИ-КВАДРАТ (χ^2).....	39
Тема 9: ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ	42
Тема 10: ВЫЧИСЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НАСЛЕДУЕМОСТИ И ПОВТОРЯЕМОСТИ.....	47
РАЗДЕЛ 2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПОЛОВОМ РАЗМНОЖЕНИИ.....	50
Тема 11: МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ	50
Тема 12: АНАЛИЗИРУЮЩЕЕ СКРЕЩИВАНИЕ.....	54
Тема 13: ТИПЫ ДОМИНИРОВАНИЯ.	55
Тема 14: ДИГИБРИДНОЕ И ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ	56
Тема 15: НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ	60
РАЗДЕЛ 3. ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ.....	64
Тема 16: СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, КРОССИНГОВЕР	64
Тема 17: НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ.....	67
РАЗДЕЛ 4. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ	70
Тема 18: МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ	70
РАЗДЕЛ 5. ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИИ.....	74
Тема 19: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ ФЕНОТИПОВ, ГЕНОТИПОВ И АЛЛЕЛЕЙ.....	74
РАЗДЕЛ 6. ИММУНОГЕНЕТИКА.....	77
Тема 20: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ ПО ГРУППАМ КРОВИ И АНТИГЕНАМ	77
ГЛОССАРИЙ	80
ЛИТЕРАТУРА	108
ПРИЛОЖЕНИЯ	109
ТЕСТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГЕНЕТИКА И БИОМЕТРИЯ»	113

Учебное пособие для высших учебных заведений

Дастанбек Асылбекович БАЙМУКАНОВ
Тимур Тазретович ТАРЧОКОВ
Алейдар Салдарович АЛЕНТАЕВ
Юсупжан Артыкович ЮЛДАШБАЕВ

ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ И БИОМЕТРИИ: ПРАКТИКУМ

Учебное пособие: 2-е издание

Бумага офсетная Формат 60x100 1/16
Плотность 80гр/м². Белизна 95%. Печать РИЗО.
Усл.печ.лист. 8. Объем 128 стр.
Тираж 500 эк.



Подготовлено к изданию и отпечатано
в издательстве «Эверо»
РК, Алматы, ул. Байтурсынова, 22
тел.: 8 (727) 233 83 89, 233 83 43,
233 80 45, 233 80 42
e-mail: evero08@mail.ru