

ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Т.Г. ШЕВЧЕНКО

АГРАРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра общих ветеринарных дисциплин

*Лабораторно – практические
работы по*

**ВЕТЕРИНАРНОЙ
ГЕНЕТИКЕ**

УЧЕБНО - МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Тирасполь, 2015

УДК 575(075.8)
ББК 128.04я73

Составители:

П.В. Вандюк, к. с/х н., доцент

Б.Г. Янушкевич, к. с/х н., доцент

Рецензенты:

Н.С. Чавдарь, к. с/х н., доцент

Н.Б. Ананьева, к.в.н., доцент

Ветеринарная генетика: Учебно – методическое пособие / Сост.:
П.В. Вандюк, Б.Г. Янушкевич. – Тирасполь 2015. – 94 с. (в обл.).

Учебно – методическое пособие по проведению лабораторно – практических работ по дисциплине «Ветеринарная генетика» для студентов I курса очного отделения специальности 110800 «Ветеринария» составлена в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования Российской Федерации.

В учебно – методическом пособии кратко изложены основные теоретические положения, а также практический курс, где студенты получают развернутый методический план работы темы каждого лабораторно-практического занятия рассчитанного на 2 часа. При этом студентам ставятся конкретные задачи по изучению материала, к темам дана примерная задача с детальным его объяснением. Это позволит студентам выполнять практические работы с параллельным изучением основных положений курса.

УДК 575(075.8)
ББК 128.04я73

Рекомендовано научно-методическим советом ПГУ им. Т. Г. Шевченко

© Вандюк П.В., Янушкевич Б.Г.
составление, 2015

Введение

Предмет и изучение генетики

Генетика – наука о наследственности и изменчивости. Название предмета происходит от латинского корня «деторождаю».

Наследственность – способность организма воспроизводить себе подобное. Изменчивость – способность организмов изменяться под действием факторов внешней среды, проявляться в различиях отдельных органов, признаков и свойств у потомков по сравнению с родительскими формами. Современная генетика использует для изучения наследственности и изменчивости следующие методы исследований:

1. Гибридологический, разработанный Г. Менделем, в настоящее время включает и рекомбинационный метод.
2. Цитологический метод для исследования органоидов клетки.
3. Молекулярный метод- изучение молекул нуклеиновых кислот-ДНК и РНК.
4. Моносомный анализ, позволяющий установить локализацию генов в хромосомах.
5. Генеалогический метод - изучает наследование признаков по анализу родословных у человека и животных.
6. Близнецовый метод позволяет установить долю влияния генотипической и модификационной изменчивости.
7. Мутационный метод используется в селекции растений и микроорганизмов.
8. Популяционно-статистический метод устанавливает частоту доминантных и рецессивных аллелей в структуре популяций. Метод используется в современной селекции животных.
9. Феногенетический метод устанавливает степень влияния гена и условий среды на развитие признака в онтогенезе.
10. Статистический метод - биометрия - математические приемы, позволяющие определить достоверность полученных данных.

11. Метод моделирования на ЭВМ, широко используется в селекции, генетической инженерии, молекулярной генетике.

С развитием науки будут и изменяться ее методы исследования.

Приступая к изучению генетики, необходимо обратить внимание на основные этапы ее истории.

Первая гипотеза наследственности, известная человечеству, была разработана Гиппократом в пятом веке до нашей эры, но через 100 лет Аристотель доказал несостоятельность этой теории и предложил свою: роль отцовского семени состоит в том, чтобы снабжать эмбрион готовыми схемами, по которым "бесформенная" кровь матери должна формировать потомство. В эпоху Возрождения популярными были теории и преформации.

В середине XIX века были выдвинуты гипотезы Дарвина - "Временная гипотеза пангенезиса", гипотеза Негели "О идиоплазме" и А. Весмана "Зародышевая плазма".

Основоположником генетики считается Г. Мендель (1822-1884 гг.), который сформулировал основные законы наследственности, опубликованные в 1865 г. в работе "Опыты над растительными гибридами", но только в 1900 г. трое ученых, независимо друг от друга переоткрыли эти законы Г. де-Фриз (1848-1935 гг.) в Голландии, К. Корренс (1864-1933 гг.) в Германии и Э. Чермак (1871-1962 гг.) в Австрии установили, что полученные ими результаты полностью согласуются с данными Г. Менделя, поэтому 1900 г. - год рождения генетики как науки.

Наибольшее влияние на развитие генетики оказало открытие хромосомной теории наследственности Т. Морганом с сотрудниками, которые доказали, что гены локализованы в хромосомах клеточного ядра. Ими же был разработан метод составления генетических карт и доказан хромосомный механизм определения пола.

На дальнейшее развитие генетики оказали влияние работы по получению и изучению индуцированных мутаций. Еще в 1902 г. Г. де-Фриз опубликовал теорию мутаций. В 1925 г. Г.А. Надсон и Г.С. Филлипов в Ленинграде получили мутации у дрожжевых и плесневых грибов под действием радиации, а в 1927 г. в США Г. Меллер получил мутации у мушки дрозофилы под влиянием

рентгеновских лучей. Большой вклад в развитие мутагенеза внесли Н. Дубинин, В. Сахаров, М. Любашов, С. Гершензон, И. Раппопорт, А. Жебрак, Л. Бреславец, В. Рыбин, Ш. Ауэрбах.

В развитии генетики популяций внесли большой вклад работы С. Четверикова, Р. Фишера, Д. Холдейна и С. Райта.

В 1944 г. О. Эйвери доказал, что ведущая роль в сохранении и передаче наследственности, принадлежит ДНК.

В 1953 г. Ф. Крик и Д. Уотсон разработали структурную модель ДНК, а в 1961-1965 г. М. Ниринберг и С. Очао расшифровали генетический код. В 1969 г. в США Г. Корана с сотрудниками, вне организма синтезировали химическим путем участок молекулы ДНК-ген аланиновой - РНК дрожжей.

В 70-х годах был открыт ферментативный синтез генов с помощью фермента ревертазы. С этого времени усилено развивается генетическая инженерия. Генетика занимает ведущее место в биологии, широко используется в сельском хозяйстве, медицине, микробиологической промышленности. Генетика - теоретическая основа селекции растений, животных, штаммов микроорганизмов. Огромные возможности для создания новых форм открывает генетическая инженерия, гибридизация соматических клеток, культура клеток и тканей.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 1, 2

Цитологические основы наследственности Организация живой материи

Цель занятия: Изучить структуру клетки, деление ее (митоз, мейоз), а также образование половых клеток при сперматогенезе и овогенезе, оплодотворение.

1. Клетки — это мельчайшие частицы сложного организма, выполняющие определенные функции: с ними связаны все физиологические процессы, протекающие в организме. В зависимости от выполняемой функции и местоположения в организме клетки имеют разнообразную форму, но имеют общую структуру и состоят из оболочки (клеточной мембраны),

цитоплазмы и ядра, а также в ее состав входят органеллы с различной структурой и функциями (рис. 1).

Снаружи клетка окружена оболочкой - клеточной мембраной, обладающей свойством регулировать проникновение в клетку необходимых ей веществ и выведение наружу продуктов ее жизнедеятельности.

Цитоплазма клетки состоит из полужидкой бесструктурной гиалоплазмы сложного химического состава, в которой находятся органоиды и включения. К органоидам цитоплазмы относятся митохондрии, рибосомы, лизосомы, комплекс Гольджи, центросомы, эндоплазматическая сеть, ядро.

Ядро служит важным регулирующим центром клетки; оно содержит наследственные факторы (гены), определяющие признаки данного организма и управляет многими внутриклеточными процессами.

Эндоплазматическая сеть заполняет большую часть цитоплазмы. Существует 2 типа ЭПС: гранулярная, к мембранам которой прикреплено множество рибосом - мелких рибонуклеопротеидных частиц, служащих местом синтеза белка, и агранулярная, состоящая из одних только мембран.

Митохондрии - тельца величиной 0,5-5 мкм. В одной клетке может быть от нескольких митохондрий до тысячи и более. Каждая митохондрия ограничена двойной мембраной; внешний слой мембраны образует гладкую наружную поверхность, а от внутреннего слоя отходят многочисленные складки в виде параллельных, направленных к центру митохондрий выступов, которые могут встречаться, а иногда и сливаться со складками. Внутренние складки, называемые кристами, содержат ферменты, участвующие в системе переноса электронов, которая играет важную роль в превращении энергии питательных веществ в биологически полезную энергию, необходимую для осуществления клеточных функций. Митохондрии, главная функция которых состоит в вырабатывании энергии, образно называют электростанциями клетки.

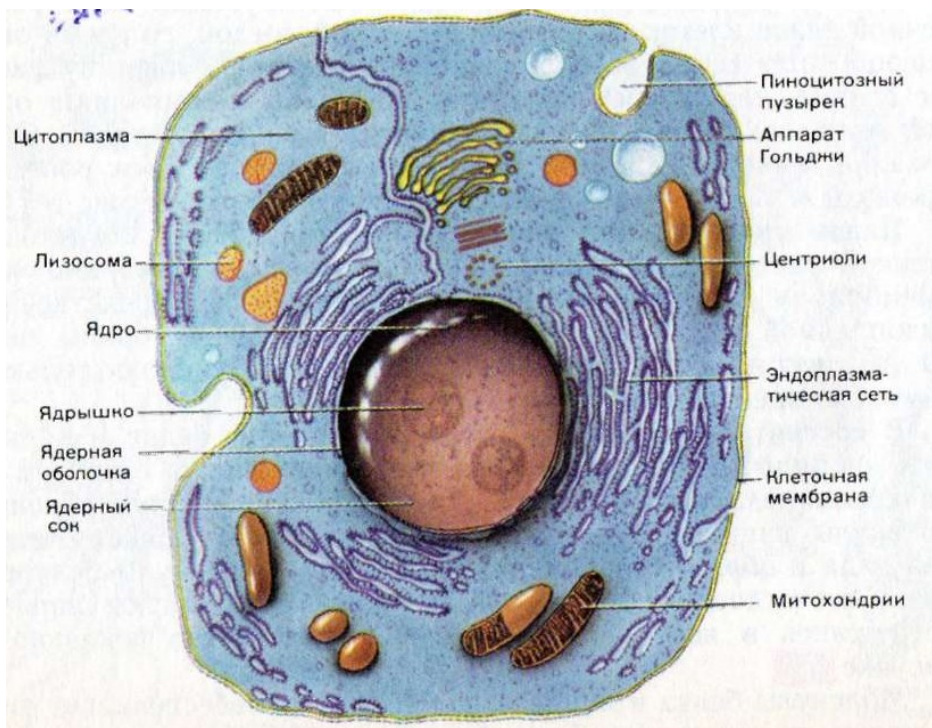


Рис.1. Схема строения эукариотической клетки

Комплекс Гольджи - служит местом временного хранения веществ, вырабатываемых в гранулярной ЭПС, а канальцы комплекса соединены с плазматической мембраной и осуществляют выделительную функцию различных веществ.

Лизосомы - представляют собой ограниченные мембраной тельца, которые содержат разнообразные ферменты, способные гидролизовать макромолекулярные компоненты клетки. В случае проникновения в клетку чужеродной ДНК (вируса) лизосомы выделяют в цитоплазму ферменты, расщепляющие ДНК, - нуклеазы, и тем самым выполняют защитную функцию.

Хромосомы находятся в ядре. Они имеют продолговатую форму с расположенной в том или ином участке перетяжкой - центромерой. Центромера делит хромосому на две части, называемые плечами хромосомы. Расположение центросомы служит основой для классификации и идентификации хромосом.

Более чем половину всей массы хромосомы составляет особый белок - гистон.

Гистон и ДНК объединены в структуру, называемую хроматиновой нитью, которая представляет собой спираль ДНК, окружающую гистоновый стержень; она построена из повторяющихся единиц (нуклеосом), в каждый из которых входят примерно 200 пар оснований ДНК и по 2 молекулы каждого из 4 гистонов (H2A, H2B, H3 и H4).

Перед началом клеточного деления большая часть хроматина уплотняется, образуя хромосомы. Число хромосом в клеточных ядрах всех особей какого-либо вида постоянно и представляет собой один из его признаков.

Все клетки любого организма происходят от зиготы - клетки, образующейся в результате слияния двух гамет (половых клеток, имеющих одинарный, или гаплоидный, набор хромосом - n). Зигота содержит диплоидный набор хромосом ($2n$). Одинарный набор хромосом называется геномом.

Набор хромосом соматической клетки, свойственный тому или иному виду животных или растений, называют кариотипом. Он включает все особенности хромосомного комплекса: число хромосом, их форму, наличие видимых под световым микроскопом деталей строения отдельных хромосом.

Число хромосом у некоторых видов животных и человека:

Человек - 46	Курица - 78
КРС – 60	Индейка - 80
Лошадь – 64	Утка - 80
Собака – 78	Гусь - 82
Свинья – 38	Сазан - 104
Овца – 54	Кролик - 44

Среди всех хромосом кариотипа различают пары аутосом, одинаковые для мужских и женских особей и одну пару половых хромосом, различающихся у мужских и женских особей. Половые хромосомы женских особей млекопитающих обозначаются буквами XX и у мужских особей XY, поэтому женский пол называют гомогаметным, мужской - гетерогаметным. У птиц и

бабочек, наоборот, - женский пол гетерогаметный, мужской - гомогаметный.

Деление клетки и передача наследственной информации.

Существуют два способа деления соматических клеток амитоз и митоз. Амитоз характеризуется перетяжкой ядра с последующим делением цитоплазмы. В результате происходит случайное распределение хромосом между дочерними клетками.

Для митоза (от греч. Mitos — нить) характерна строгая упорядоченность процесса клеточного деления. Каждая дочерняя клетка получает такие же хромосомы, какими обладала материнская клетка, и в том же количестве.

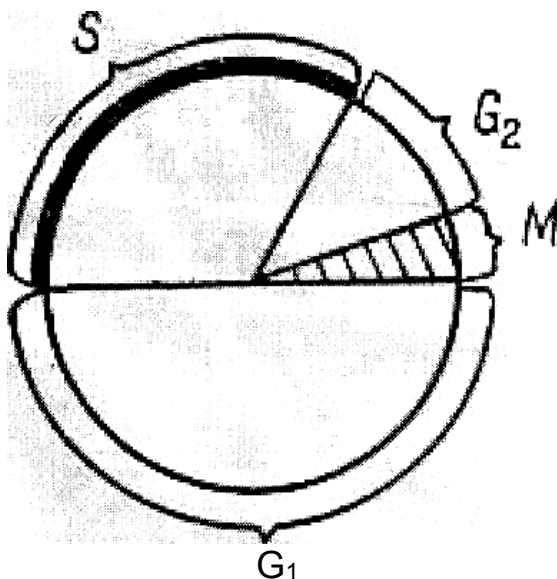


Рис. 2. Схема митотического цикла

Периоды интерфазы:

G₁ – осуществляются обменные процессы, связанные с деятельностью клетки, в том числе синтез м-РНК и белков; S – период репликации ДНК и подготовки к удвоению хромосом; G₂ – ДНК почти не активна, хромосомы удваиваются; M – митоз.

Промежуток времени между окончанием одного клеточного деления и окончанием последующего называют митотическим циклом, который подразделяют на митоз и интерфазу (рис. 2).

Интерфаза включает три периода. В первом периоде интерфазы, идущим вслед за прошедшим митозом и обозначаемом G_1 (от англ. gap - интервал, промежуток) осуществляется синтез белков и РНК. Затем следует синтез ДНК (фаза S), в течение которого количество ДНК в ядре клетки удваивается. В постсинтетический период (фаза G_2) происходит синтез РНК и белков и накапливается энергия для следующего митоза. По окончании интерфазы наступает митоз - не прямое деление ядра.

Митоз. Митотическое деление представляет собой непрерывный процесс, каждая стадия которого незаметно переходит в следующую за ней и существует их 4: профаза, метафаза, анафаза и телофаза (рис. 3).

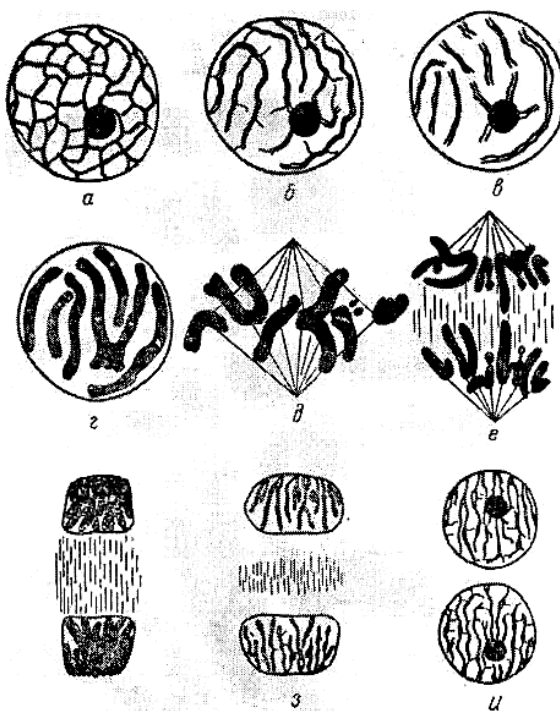


Рис. 3. Схема митоза

Ядро в разных фазах клеточного деления:

а – интерфаза; б – ранняя профаза; в – средняя профаза; г – поздняя профаза; д – метафаза; е – анафаза; ж – телофаза; з – поздняя телофаза; и – образование двух дочерних клеток и переход ядер в стадию интерфазы.

В первой стадии митоза - профазы - происходит формирование хромосом. Каждая хромосома состоит из хроматид, спирально закрученных друг относительно друга. Хроматиды укорачиваются и уплотняются в результате процесса внутренней спирализации. Начинает выявляться центромера, которая в каждой хромосоме расположена в определенном месте.

Во время профазы ядрышки постепенно уменьшаются в размерах, пока их материал не диспергируется. Ядерная оболочка также распадается, и хромосомы оказываются в цитоплазме.

Когда сокращение хромосом достигает максимальной степени, они превращаются в коротенькие палочкообразные тельца и выстраиваются в плоскости экватора, образующегося вокруг них веретена. К этому моменту профаза оканчивается, и короткий промежуток времени, в течение которого хромосомы находятся в плоскости экватора, представляют собой метафазы. Центромера делится, и хроматиды превращаются в две совершенно обособленные дочерние хромосомы. Деление центромер происходит одновременно во всех хромосомах. Центромеры расщепляются, и это уже начало анафазы.

Выстроившиеся вдоль экватора хромосомы тотчас же начинают расходиться, причем каждый член разъединившейся пары (сестринские хроматиды) отходят к одному из полюсов.

Телофаза начинается с момента достижения хромосомами полюсов. Хромосомы возвращаются в состояние, при котором видны лишь хроматиновые нити или гранулы; вокруг каждого дочернего ядра образуется ядерная оболочка. На этом завершается деление ядра, называемое также кариокинез, за которым следует деление тела клетки, или цитокинез.

Значение. В процессе митоза происходит равномерное распределение хромосом между двумя дочерними ядрами, так что в многоклеточном организме все клетки имеют одинаковый набор хромосом. Регулярный и упорядоченный митотический процесс обеспечивает передачу генетической информации каждому из дочерних ядер: в результате каждая клетка содержит генетическую информацию обо всех признаках организма.

Мейоз (от греч. Meiosis - уменьшение) - процесс образования половых клеток. Постоянство числа хромосом в последовательных

поколениях обеспечивается процессом мейоза, происходит при созревании гамет - яйцеклеток и спермиев. Мейоз состоит из двух клеточных делений, при которых число хромосом уменьшается вдвое, так что гаметы получают вдвое меньше хромосом, чем остальные клетки тела. Когда две гаметы соединяются при оплодотворении, то восстанавливается нормальное число хромосом.

Процесс мейоза заключается в двух, следующих одно за другим клеточных делениях, называемых соответственно первым и вторым мейотическими делениями (рис. 4).

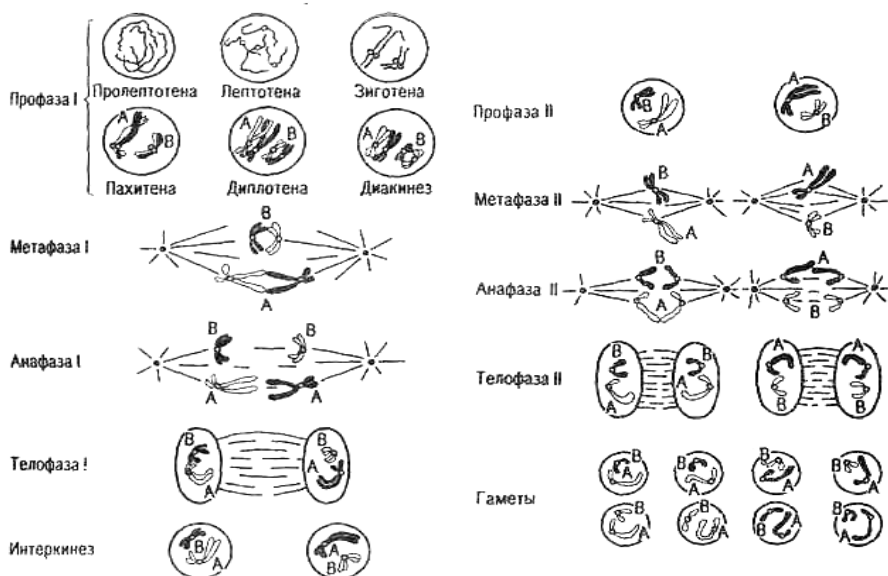


Рис. 4. Схема мейоза

Профаза первого мейотического деления (профаза I) делится на несколько стадий, каждая из которых обладает своими отличительными свойствами:

- лептотена - стадия лептотены (тонких нитей). Отдельные нити - хромосомы - называют моновалентами. Хромосомы в мейозе длиннее и тоньше хромосом в самой ранней профазе митоза;

- **зиготена** - стадия зиготены (соединения нитей). Тонкие нити конъюгируют друг с другом в результате процесса, именуемого синапсисом, образуются биваленты - двойные гомологичные хромосомы;

- **пахитена** - стадия пахитены (толстых нитей). Соединение гомологов становится столь тесным, что уже трудно отличить две отдельные хромосомы. В этой стадии происходит кроссинговер, или перекрест хромосом;

- **диplotена** - стадия диplotены (двойных нитей), или стадия четырех хроматид. Каждая из гомологичных хромосом бивалента расщепляется на две хроматиды, так что биваленты содержат по четыре хроматиды. Одновременно с укорачиванием и утолщением хромосом биваленты происходят их взаимное отталкивание - расхождение. Связь сохраняется только в плоскости перекреста - в хиазмах.

- стадия **диакинеза** характеризуется максимальным укорочением диplotенных хромосом. Биваленты гомологичных хромосом отходят к периферии ядра, так что их легко подсчитать. На этом завершается профаза I.

Метафаза I начинается с момента исчезновения ядерной оболочки. Биваленты располагаются в экваториальной плоскости клетки. Формируется веретено деления.

Анафаза I отличается полным расхождением взаимосвязи гомологичных хромосом, отталкиванием их одна от другой и расхождением к разным полюсам. В анафазе происходит редукция - сокращение числа хромосом.

Телофаза I кратковременна и слабо обособлена от предыдущей фазы. В телофазе образуется два дочерних ядра. Ее рассматривают как состояние покоя между двумя делениями мейоза - интеркинез.

Второе деление мейоза происходит в обоих дочерних ядрах так же, как в митозе. Моновалентные хромосомы (каждая состоит из двух хроматид) сокращаются (**профаза II**) и ориентируются в средней части клетки - по экватору (**метафаза II**). Вновь возникает веретено из ахроматиновых нитей. В стадии **анафазы II** хроматиды отделяются друг от друга и быстро расходятся к разным полюсам. Наконец, в **телофазе II** происходит образование

ядер, деспирализация хромосом. Образовавшиеся четыре клетки имеют гаплоидный набор хромосом.

Гаметогенез. Гаметы у животных образуются в особых органах — гонадах (половых железах): яйцеклетки в яичниках, спермин - в семеннике.

Диплоидные клетки, из которых развиваются гаметы, называют оогониями или сперматогониями (рис. 5).

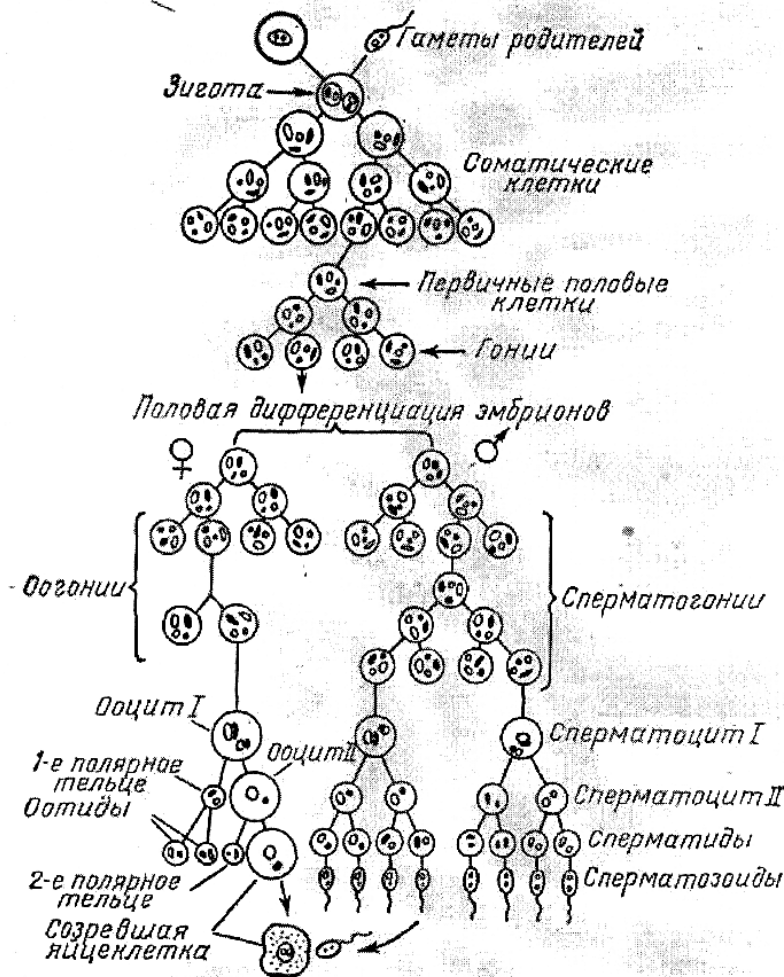


Рис. 5. Схема развития и образования половых клеток при сперматогенезе и оогенезе

Их быстрая пролиферация (от лат. proles - потомство и fero - несу) - разрастание ткани животного или растительного организма путем размножения клеток приводит к образованию огромного количества клеток (ооцитов). Клетки растут, причем так называемые ооциты I порядка достигают значительно больших размеров, чем сперматоциты I порядка. Затем одно за другим происходят два деления созревания: сначала редукционное, в результате которого образуются сперматоциты и ооциты II порядка, а потом эквационное.

В результате делений созревания образуются четыре гаплоидные клетки. Будущие мужские гаметы (сперматоциты) одинаковы по размерам, а у особей женского пола продукты делений созревания неравноценны: ооцит I порядка, отделяя маленькое направительное, или полярное, тельце, превращается в ооцит II порядка, а тот, в свою очередь, отделяет еще одно полярное тельце и становится крупным, богатым цитоплазмой зрелым яйцом. Образовавшиеся тельца в дальнейшем развитии не участвуют.

После делений созревания яйцо готово к оплодотворению. Сперматоциты еще должны в процессе сперматогенеза морфологически преобразоваться в подвижные спермин.

Спермий состоит из головки, шейки и хвоста. Головка содержит ядро и очень небольшое количество цитоплазмы. По центральной оси шейки, окруженные митохондриями, проходят двадцать микротрубочек жгутика, образующего хвост. Между головкой и шейкой (средней частью) расположены одна или несколько центриолей. Кончик головки прикрыт комплексом Гольджи, преобразованным в так называемую акросому; образующиеся здесь ферменты важны для проникновения спермия в яйцо при оплодотворении.

Оплодотворение. Самое главное в процессе оплодотворения - это слияние мужского и женского пронуклеусов. Оплодотворение - процесс видоспецифичный, то есть спермин одного вида организмов, как правило, не оплодотворяют яйца другого вида. В оплодотворении принимают участие несколько химических веществ, обеспечивающих проникновение в яйцо спермия своего вида и препятствующих проникновению чужих спермиев. Яйцо

вырабатывает фертилизан - белковое вещество, взаимодействующее с антифертилизином - веществом, находящимся на поверхности спермия. После того, как два вещества вступили во взаимодействие, спермий оказывается прочно прикрепленным к мембране яйца, а затем втягивается внутрь. После этого оболочка яйца становится непроницаемой для других спермиев.

В яйцо проникает только ядро и одна из центриолей спермия. Ядро сливается с женским пронуклеусом, а центриоль делится и начинает формирование веретена первого деления. Таким образом, спермий, проникая в яйцо, выполняет ряд функций:

- стимулирует яйцо к развитию;
- вносит гаплоидный набор хромосом в качестве отцовского генетического вклада во вновь формирующуюся зиготу;
- вносит в яйцо центриоль, участвующую в механизме клеточного деления.

При оплодотворении восстанавливается диплоидное число хромосом вида.

Занятие для самостоятельной работы:

1. Зарисовать схему строения эукариотической клетки и сделать к ней обозначения.
2. Зарисовать в тетради схему митотического цикла и саму схему митоза (ядро в разных фазах митотического деления, сделать обозначения и дать им характеристику).
3. Зарисовать в тетради схему мейоза и описать стадии мейотического деления указывая на отличительные свойства каждой из них.
4. Зарисовать в тетради схему развития и образования половых клеток при сперматогенезе и оогенезе, сделать обозначения, определить в чем сходство и различия между этими типами гаметогенеза.
5. Заполнить в таблице число хромосом в соматических и половых клетках животных и человека по схеме:

Вид	Число хромосом	
	в соматических клетках	в половых клетках
лошадь		
свинья		
овца		
кролик		
курица		
утка		
индейка		
гусь		
собака		
человек		

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 3

Наследование признаков при моногибридном скрещивании

Цель занятия: ознакомить студентов с работами Г. Менделя по изучению наследственности и научить решению задач при моногибридном скрещивании.

Важный вклад в выяснение сущности наследственности внес Г. Мендель, опыты которого по скрещиванию растений лежат в основе большинства современных исследований. Применяя скрещивание растений, различающихся по контрастным признакам, в 1865 г. сформулировал идею о существовании наследственных факторов. Гибридологический метод, связанный с изучением характера наследования отдельных признаков и свойств, в значительной мере предопределил успех исследований Менделя и позволил ему выявить и сформировать основные правила наследования.

К основным особенностям гибридологического метода изучения наследственности относят:

- использование в качестве исходных форм для скрещивания растений, отличающихся друг от друга сравнительно небольшим

количеством (одна, две или три пары) контрастных признаков, и тщательный учет характера наследования каждого из них;

- точный количественный учет гибридных растений, различающихся по отдельным признакам, в ряде последовательных поколений;

- индивидуальный анализ потомства от каждого растения в ряде последовательных поколений;

- недопустимость влияния чужеродного генетического материала на родительские расы и гибриды;

- сохранение способности к размножению у гибридов и их потомков.

Основные закономерности наследования впервые были установлены Г. Менделем (1865 г.). Им был разработан гибридологический анализ наследования признаков, введена буквенная символика.

Гибридологический или генетический анализ заключается в использовании системы скрещиваний для установления характера наследования признаков и генетических различий изучаемых особей. При проведении гибридологического анализа необходимо соблюдать следующие условия:

1. Скрещиваемые растения должны четко различаться по немногим (1, 2, 3 пары) альтернативным (контрастным) признакам.

2. Родительские формы проверяются на гомозиготность не менее 2-х поколений.

3. Проводится индивидуальный анализ потомства каждого растения.

4. Ведется строгий количественный учет растений, различающихся по изучаемым признакам в каждом поколении.

При проведении гибридологического анализа пользуются краткой записью скрещивания определенными символами.

Родительские формы обозначают буквой Р (Perentes-родители).

Материнское растение обозначают знаком (зеркало Венеры) - ♀.

Отцовские растения - ♂ (щит и копые Марса), а скрещивание - знаком Х (знак умножения.)

Гибридное потомство обозначают буквой F (fillii-дети), цифры после буквы F обозначают поколения гибридов: F₁, F₂, F₃ и т.д.

В ходе гибридологического анализа гены условно обозначают разными буквами латинского алфавита. Существует общепринятая международная система обозначения всех известных генов, обычно, по первым буквам названий соответствующих признаков, иногда гены обозначают двумя и большим числом букв. Доминантные гены обозначают большими буквами, а рецессивные - малыми, иногда доминантные гены обозначают знаком +.

Для успешного усвоения темы необходимо запомнить некоторые положения и термины.

Доминирование - это явление преобладания одного признака над другим. Преобладающие признаки называются доминантными, а подавляемые - рецессивными.

Скращения, в которых родители отличаются по одной паре альтернативных признаков, называют моногибридными, при различии по двум парам - дигибридными, трем - тригибридными, а если число признаков больше - полигибридными .

Термины "фенотип" и "генотип" введены в 1905 г. В. Иогансеном.

Генотип - совокупность генов, которыми обладает организм.

Фенотип - совокупность признаков и свойств, которые являются результатом взаимодействия генотипа с условиями внешней среды.

Гомологические хромосомы - это парные или одинаковые хромосомы по форме и размеру, полученные одна - от отцовского организма, другая - от материнского.

Аллельными генами называют такие гены, которые находятся в одном и том же месте (локусе) гомологичных хромосом и контролируют развитие одних и тех же признаков. Если аллельные гены одинаковы, то организм называют гомозиготным, а если они разные - гетерозиготным. Участок расположения гена в хромосоме называют локус. Проводя эксперименты с растительными гибридами и применив гибридологический анализ, Г. Мендель сделал вывод о существовании в половых клетках наследственных факторов

(впоследствии названных генами), определяющих развитие признаков взрослого организма. Он сформулировал исключительно важные для генетики и селекции правила:

1. Доминирования или единообразия гибридов первого поколения (при внутривидовых скрещиваниях у самоопыляющихся культур все гибриды первого поколения являются однородными - проявляются признаки одной из родительских форм): необходимо иметь ясное понятие о доминантности и рецессивности, гомозиготности и гетерозиготности, фенотипе и генотипе, моногибридном, дигибридном, полигибридном скрещиваниях.

2. Расщепления (у гибридов во втором и последующих поколениях наблюдается расщепление признаков в определенных числовых отношениях - при моногибридном скрещивании 3:1, дигибридном - 9:3:3:1).

3. Независимого комбинирования наследственных факторов (гены различных аллельных пар и определяемые ими признаки передаются из поколения в поколение независимо друга от друга во всех возможных сочетаниях).

4. Закон чистоты гамет (наследственные факторы – гены - не смешиваются друг с другом, а сохраняются в "чистоте" и неизменном виде, предаются от одного поколения к другому): Учение Г. Менделя о факторах как элементарных единицах наследственности имело основополагающее значение и легло в основу теории гена.

Необходимо обратить внимание на использование в генетике взаимных (реципрокных), анализирующих и возвратных (беккросов) скрещиваний. Следует иметь ввиду, что менделевские закономерности наследования бывают лишь в тех случаях, когда, наследственные факторы (гены), определяющие тот или иной признак, находится не в одной, а в разных парах хромосомы.

Мендель скрещивая растения, различающиеся между собой по одной паре альтернативных признаков (такое скрещивание называют моногибридным), обнаружил, что гибриды первого поколения (F_1) проявляют только один признак из альтернативной пары. Так, при скрещивании сорта гороха, имеющего желтые семена, с сортом, имевшем зеленые семена, все гибридные семена

были желтыми, вне зависимости от того, какой сорт использовали в качестве материнского (рис. 6).

На основании этих опытов Мендель пришел к заключению, что при скрещивании сортов, отличающихся по одной паре признаков, у гибридов первого поколения (F_1) всегда имеется признак только одного из родителей.

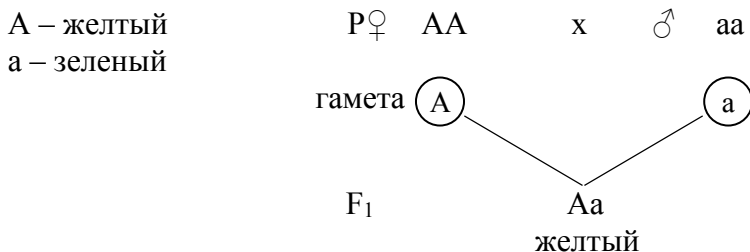


Рис. 6. Моногибридное скрещивание

Такие признаки Мендель назвал доминантными (лат. *dominantis* господствующий). Те признаки, которые у гибридов первого поколения не проявились, Мендель назвал рецессивными (лат. *recessus* - отступление).

Подвергнув гибридные растения самоопылению (рис. 7), Мендель обнаружил, что среди потомков таких гибридов наряду с особями, несущими доминантный признак, появились особи с особенностями другого родителя, ранее не проявившимися.

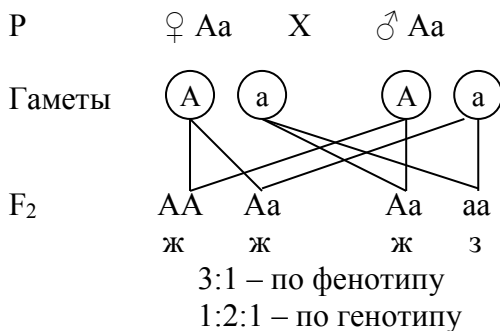


Рис. 7. Скрещивание гибридов первого поколения (F_1)

Растения, полученные из желтых семян, при самоопылении проявили иные свойства. Одна четверть образовала только зеленые семена, в то время как три четверти растений образовали желтые, в количествах, приближающихся к соотношению 3:1.

На основании проведенных опытов Мендель сформулировал второе правило, или закон расщепления признаков у гибридов второго поколения. Второй закон наследственности — основной вклад Георга Менделя в экспериментальное изучение наследственности.

Задачи:

Моногибридное скрещивание

1. Какие типы гамет образуют животные, имеющие следующие генотипы:

Генотип	Гаметы
AA	
Aa	
aa	
BB	
Bb	
bb	

А) Полное доминирование

2. У дрозофилы нормально развитые крылья (V) доминируют над зачаточными (vestigial). Гетерозиготная муха с нормальными крыльями скрещена с самцом vestigial. Каким будет потомство от этого скрещивания?

3. Личинки одних рас тутового шелкопряда завивают белые коконы, а других рас — желтые. При скрещивании этих двух рас в F₁ все коконы имели желтый цвет, а в F₂ было получено 1723 — желтых и 531 белых. Какая окраска доминирует? Определить генотипы родителей и потомков.

4. Определить, как наследуется у карпа наличие плавников, если при скрещивании особей, имеющих брюшные плавники с карпами, у которых они отсутствовали, в F₁ все особи были с плавниками. В F₂ 328 имели плавники, а 98 — без плавников.

5. Две черные самки мыши скрещены с коричневым самцом. первая самка принесла в нескольких пометах 12 черных и 10

коричневых мышат, вторая же – 19 черных. Какая окраска доминирует? определить генотипы родителей и потомков.

6. У морских свинок всключенная или розеточная шерсть (Р) доминирует над гладкой (р). Скрещивали гетерозиготную розеточную самку с гладкошерстным самцом. Определить генотипы и фенотипы потомков.

7. У морских свинок всключенная или розеточная шерсть (Р) доминирует над гладкой (р). В результате скрещивания двух розеточных особей было получено 20 потомков розеточных, 6 гладкошерстных. Определить генотипы родителей и потомков.

8. Мех платиновой норки стоит намного дороже, чем мех стандартной. Как нужно провести скрещивание, чтобы от имеющейся на ферме стандартной самки и платинового самца в кратчайший срок получить максимальное количество платиновых потомков? Ген платиновой окраски рецессивен.

9. При скрещивании коричневой норки с серой – потомство коричневое. В F₂ получено 50 коричневых и 17 серых. Определить, какой признак доминирует: генотипы родителей и потомков; сколько гомозигот среди 50 коричневых и 17 серых?

10. От скрещивания коричневой норки с серым самцом было получено 14 коричневых и 16 серых щенят. Определить генотипы родителей и потомков (коричневая окраска доминирует над серой).

11. У собак породы фокстерьер исследовали нервное заболевание, получившее название мозжечковой атаксии, которая появлялась в возрасте 4-6 месяцев, выражающееся в том, что больные собаки не могли свободно двигаться. Среди 92 щенков эта болезнь наблюдалась у 25. Какой вывод можно сделать, исходя из этих данных о генетической обусловленности мозжечковой атаксии?

12. Среди собак породы сеттер иногда встречаются слепые особи. От фенотипически нормальной самки и самца было получено 6 щенят, два из которых были слепыми. Определить генотипы родителей и потомков. Какова вероятность получения здоровых потомков от этих нормально рожденных щенят?

13. У кроликов шерсть нормальной длины (А) доминантна, а короткая (а) рецессивна. От крольчихи с короткой шерстью

родилось 9 крольчат – 5 с нормальной шерстью и 4 – короткошерстных. Определить генотип и фенотип отца.

14. У кроликов шерсть нормальной длины (А) доминирует над короткой (а). Скрещивали 4 нормально шерстных крольчих с нормально шерстным кроликом. От 3 крольчих все потомство было с шерстью нормальной длины, а от одной родилось 5 крольчат с нормальной шерстью и 2 – короткошерстных. Определить генотипы всех родителей и потомков.

15. У кроликов черная окраска шерсти (В) доминирует над альбинизмом (b) (белая шерсть и красные глаза). Скрещивали гетерозиготную самку с белым самцом. Определить фенотип и генотип потомства.

16. У кроликов исследована наследственная аномалия клеток белой крови (а). Эта аномалия включает задержку типичной сегментации ядер некоторых белых клеток. При скрещивании кроликов, страдающих этой аномалией с нормальными было получено 217 крольчат, имеющих эту аномалию и 237 – нормальных. Каковы генотипы родителей и потомков?

17. У кур розовидный гребень определяется геном R, листовидный r. Петух с розовидным гребнем скрещен с двумя курицами с розовидным гребнем. От первой курицы было получено 84 цыпленка, все с розовидным гребнем и 25 с листовидным. Определить генотипы всех родителей и полученных потомков.

18. У свиней сrostнопалость доминирует над нормальным строением ноги (парнокопытностью). Скрещивали гетерозиготного сrostнопалого хряка с гетерозиготной сrostнопалой свиноматкой. Записать генотипы родителей и потомков. Как избавиться от этой аномалии?

19. Черная масть у КРС (N) доминирует над красной (n). От скрещивания черного быка с черной коровой родился красный теленок. Определить генотипы родителей и потомков.

20. Черная масть у КРС (N) доминирует над красной (n). При скрещивании одного и того же черного быка с тремя коровами были получены следующие результаты: черная корова «Роса» родила красного теленка, красная корова «Весна» - черного

теленка и черная гомозиготная корова «Ветка» - черного теленка. Определить генотипы родителей и полученного потомства.

21. Устойчивость к лейкозу у КРС является доминантным признаком. Каких телят можно ожидать от скрещивания гетерозиготных коров с гетерозиготным быком? Как избавиться от этого заболевания?

22. У КРС комолость (R) (отсутствие рогов) доминирует над рогатостью. Гомозиготный комолый бык скрещивается с рогатой коровой. Определить потомство, ожидаемое от такого скрещивания.

23. У КРС комолость (R) доминирует над рогатостью (r), комолый бык скрещивался с комолой коровой в течении нескольких лет. От них было получено 7 телят комолых и 2 рогатых. Определить генотипы родителей и потомков.

24. У КРС комолость (R) доминирует над рогатостью (r). Какое потомство можно ожидать от скрещивания комолого быка с рогатыми коровами, если известно, что в прошлом от этого быка и рогатой коровы родился рогатый теленок.

25. У КРС комолость (R) доминирует над рогатостью (r). От скрещивания комолого быка с рогатыми коровами было получено 129 телят комолых и 118 – рогатых. Определить генотипы родителей и потомков. Можно ли от этих рогатых потомков в будущем получить комолых телят?

26. Среди животных породы герефорд иногда встречаются карликовые особи. При скрещивании карликовых животных с нормальными, рождаются нормальные особи. Как наследуется карликовость? Каких телят получим при скрещивании животных F₁ между собой?

27. У КРС известно наследственное рецессивное заболевание – порфирия (накопление порфирина в крови и тканях из-за чрезвычайной чувствительности организма к солнечному свету), которая определяется геном p. Болезнь проявляется в изъязвлении вокруг глаз, носа и др. частях, незащищенных волосным покровом. Какое потомство получим от скрещивания здоровой гомозиготной коровы с гетерозиготным быком? С какими коровами необходимо скрещивать этого быка, чтобы выявить его генотип?

28. У лошадей есть наследственная болезнь гортани. При беге больные лошади издают характерный храп. От больных родителей иногда рождаются здоровые жеребята. Доминантна или рецессивна эта болезнь?

29. Ахондроплазия (наследственная карликовость) передается как доминантный признак. В семье, где оба супруга страдают ахондроплазией, родился нормальный ребенок. Определить генотипы родителей и ребенка. Какова вероятность того, что следующий ребенок будет тоже нормальным?

30. У человека ген карих глаз доминирует над геном голубых. Голубоглазый мужчина, родители которого имели карие глаза, женился на кареглазой женщине, у отца которой глаза были голубые, а у матери – карие. Какие генотипы родителей и какое потомство можно ожидать в этой семье?

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 4

Наследование признаков при дигибридном скрещивании

Закон независимого наследования – был сформулирован Г. Менделем на основании изучения потомства от дигибридного скрещивания. Так при скрещивании сорта гороха, имевшего гладкие желтые семена (AABB), с сортом имевшим зеленые морщинистые семена (aabb), гибриды F₁ имели желтые гладкие семена, т.к. гладкая форма семян доминирует над морщинистой (рис. 8).

A – желтые семена

a – зеленые семена

B – гладкие семена

b – морщинистые семена

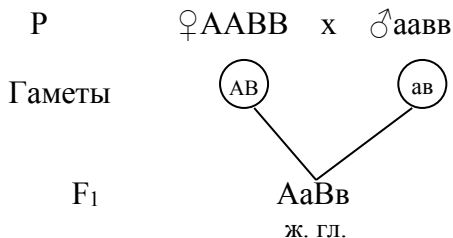


Рис. 8. Получение дигетерозиготных особей гороха

Гибридные семена Г. Мендель подвергнул самоопылению (рис 9) и обнаружил, что во втором поколении среди полученных 556 семян было 315 гладких желтых, 101 шероховатое желтое, 108 гладких зеленых и 32 морщинистых зеленых, что можно выразить соотношением 9:3:3:1. При наследовании этого соотношения видно, что наряду с семенами, обладающими сочетанием признаков, характерными для исходных форм (гладкие желтые и морщинистые зеленые), в F₂ появляются семена с новыми сочетаниями признаков – гладкие зеленые и морщинистые желтые, т.е. происходит комбинация признаков исходных форм.

A – желтые

a – зеленые

B – гладкие

b – морщинистые

Соотношение:

9 – желтых гладких

3 – желтых морщинистых

3 – зеленых гладких

1 – зеленый морщинистый

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB ж.гл.	AABb ж.гл.	AaBB ж.гл.	AaBb ж.гл.
Ab	AABb ж.гл.	AAbb ж.м.	AaBb ж.гл.	Aabb ж.м.
aB	AaBB ж.гл.	AaBb ж.гл.	aaBB з.гл.	aaBb з.гл.
ab	AaBb ж.гл.	Aabb ж.м.	aaBb з.гл.	aabb з.м.

Рис. 9. Потомство F₂ от дигибридного скрещивания

Задачи:

Дигибридное скрещивание

1. Какие типы гамет образуют животные, имеющие следующие генотипы?

Генотип	Гаметы
AABB	
AABb	
Aabb	
AaBb	
Aabb	
AaBB	
AaBb	
aabb	

2. У дрозофилы серая окраска тела и нормальные крылья определяются доминантными генами В и V, а черная окраска тела и зачаточные крылья зависят от рецессивных генов b и v. Определить фенотипы мух, имеющие следующие генотипы:

BBVV

BBVv

BbVv

bbVv

bbvv

3. У дрозофилы серая окраска тела доминирует над черной, а нормальные крылья над зачаточными. При скрещивании дигетерозиготной самки с самцом, имеющим серое тело и нормальные крылья, все полученное потомство имело серое тело, но $\frac{3}{4}$ из них имели нормальные крылья, а $\frac{1}{4}$ - зачаточные. Каковы генотипы родителей и потомков?

4. У дрозофилы серая окраска тела доминирует над черной, а нормальные крылья над зачаточными. При скрещивании двух черных мух, у одной из которых были нормальные крылья, а у другой зачаточные, все потомство имело черное тело, но половина из них имели нормальные крылья и половина - зачаточные. Каковы генотипы родителей?

5. У морских свинок включенная шерсть (В) доминирует над гладкой (в), а черная окраска (С) - над белой (с). При скрещивании самки имеющей гладкую белую шерсть со включенным черным самцом получено потомство, половина которого имеет включенную черную и половина - включенную белую шерсть. Каковы генотипы родителей?

6. У кроликов черная окраска доминирует над белой, а короткая шерсть над длинной. Скрещивали черную длинношерстную крольчиху с черным короткошерстным кроликом. Было получено 7 короткошерстных крольчат, из них 5 черных и 2 белых. Каковы генотипы родителей и потомков?

7. От скрещивания черной короткошерстной крольчихи с черным короткошерстным кроликом родился длинношерстный белый кролик. Каковы генотипы родителей? Каких крольчат и в каком соотношении можно ожидать от этой пары родителей?

8. Хохлатый пятипалый петух скрещивался с четырехпалыми курами без хохла. Все цыплята были хохлатыми пятипалыми. Какие признаки доминируют? Каковы генотипы родителей и потомков? Каких цыплят от скрещивания гибридов F₁ между собой?

9. У кур черная окраска оперения определяется геном E, бурая – e, наличие хохла – C, отсутствие – c. Бурая хохлатая курица спарена с черным петухом без хохла. В полученном потомстве все цыплята хохлатые, но $\frac{1}{2}$ из них черные и $\frac{1}{2}$ – бурые. Каковы генотипы родителей и потомков?

10. У кур черная окраска оперения доминирует над бурой, а наличие хохла – над его отсутствием. Курица и петух черные хохлатые. От них было получено 17 цыплят: 9 черных хохлатых, 4 бурых хохлатых, 3 черных без хохла и 1 бурый без хохла. Каковы генотипы родителей?

11. У кур розовидный гребень (R) доминирует над простым (листовидным) гребнем (r), а оперение ноги (F) доминирует над голыми (f). Курица с листовидным гребнем и оперенными ногами спарена с петухом, у которого гребень розовидный, а ноги голые. Полученное потомство имело розовидные гребни и оперенные ноги. Каковы генотипы петуха и курицы?

12. У кур розовидный гребень доминирует над простым, а оперенные ноги над голыми. Петух и курица имеют розовидные гребни и оперенные ноги. От них было получено 89 цыплят: 51 с розовидными гребнями и оперенными ногами, 17 с розовидными гребнями и голыми ногами, 15 с простыми гребнями и оперенными ногами и 6 с простым гребнем и голыми ногами. Каковы Генотипы родителей?

13. Розовидный гребень у кур доминирует над листовидным, а оперенные ноги – над голыми. Курица с листовидным гребнем и голыми ногами (оба признака рецессивные) скрещена с дигетерозиготным петухом, у которого розовидный гребень и оперенные ноги. Какая часть потомства унаследует оба признака матери?

14. У собак черная окраска шерсти (B) доминирует над коричневой (b), а висячее ухо (E) – над стоячим (e). Гомозиготная черная самка с висячими ушами спарена с гомозиготным

коричневым кобелем со стоячими ушами. Каковы генотипы и фенотипы F_1 и F_2 ?

15. У свиней белая щетина доминирует над черной, а наличие сережек – над их отсутствием. От скрещивания белого хряка без сережек с черной свиноматкой с сережками было получено 11 белых поросят, из них 6 имели сережки, а 5 не имели. Определить генотипы родителей и потомков.

16. Однопалость у свиней доминирует над двупалостью, а белая щетина – над черной. От белого однопалого хряка № 245 и черных двупалых маток все потомство белое однопалое, а от другого белого однопалого хряка № 511 и тех же маток – все потомство белое, но половина из них однопалые, другая половина – двупалые. Определить генотипы хряков, маток и приплода.

17. У КРС черная масть доминирует над красной, а комолость – над рогатостью. От скрещивания красных рогатых коров с черным комолым быком было получено 8 телят черных комолых, 10 – черных рогатых, 9 – красных комолых и 8 красных рогатых. Каковы генотипы быка, коров и полученных телят?

18. Черная масть КРС доминирует над рыжей, а белоголовость – над сплошной окраской головы. От скрещивания черного белоголового быка с такой же коровой получили телят сплошной рыжей масти. Каковы генотипы телят и родителей? Каких телят еще можно ожидать от этих родителей?

19. У КРС комолость (Р) доминирует над рогатостью (р), а красная масть (К) доминирует над белой (к). У шортгорнов гетерозиготные по красной и белой масти животные имеют чалую масть. Какие соотношения генотипов и фенотипов получаются при следующих спариваниях: $kkRr \cdot Kkrr$, $KKRR \cdot KkRR$, $kkrr \cdot KKRR$? Каковы фенотипы родителей?

20. Комолость у КРС доминирует над рогатостью, а черная масть – над красной. При скрещивании красных рогатых коров с черным комолым быком родились только комолые телята, но половина из них были черной масти, а половина – красной. Определить генотипы родителей и потомков.

21. Комолость (Р) у КРС доминирует над рогатостью (р), а красная масть (К) над белой (к). Гетерозиготные по окраске

животные (Кк) имеют чалую масть. Каковы генотипы и фенотипы потомства, полученного от скрещивания:

а) гомозиготной по обоим признакам красной комолой коровы с белым рогатым быком;

б) чалой комолой гетерозиготной коровы с красным гетерозиготным комолым быком?

22. С какими по фенотипу коровами можно скрестить красного комолого быка, чтобы узнать гомозиготен ли он по гену комолости? (Комолость доминирует над рогатостью.)

23. При спаривании черного комолого быка с 50 красными рогатыми коровами было получено 14 телят черных комолых, 13 – черных рогатых, 11 – красных комолых и 12 – красных рогатых (черная масть и комолость доминируют). Каковы генотипы родителей и потомков?

24. Какого расщепления в потомство по генотипу и фенотипу можно ожидать, если комолую черную корову, гомозиготную только по окраске шерсти (комолость и черная окраска доминируют), скрестить:

а) с таким же быком;

б) с гетерозиготным комолым красным быком;

в) с гомозиготным комолым красным быком;

г) с гомозиготным по обеим аллелям рогатым черным быком?

25. Каковы генотипы родителей и потомков, если от скрещивания комолой черной коровы с таким же быком в течении нескольких лет получено 12 телят, из которых 9 похожи на своих родителей, а 3 оказались рогатыми черными?

26. От скрещивания серого жеребца, имеющего каштаны на ногах, с вороными кобылами без каштанов, все потомство имело серую масть без каштанов на ногах. Какие признаки доминируют? Каковы генотипы родителей и потомков?

27. Скрещивали серого жеребца без каштанов на ногах с такими же кобылами. Все жеребята были серыми, но среди них 15 имели каштаны на ногах, у остальных каштанов не было. Каковы генотипы родителей и потомков?

28. Альбинизм – рецессивный признак. Талассемия – наследственное заболевание крови (t). Гомозиготное состояние этого гена (tt) вызывает большую талассемию и обычно приводит к

смерти детей. В гетерозиготе (Tt) проявляется менее тяжелая форма заболевания – малая талассемия. Ребенок альбинос страдает большой талассемией. Каковы генотипы его родителей?

29. У человека близорукость (М) доминирует над нормальным зрением (м), а карие глаза (В) над голубыми (в). Ребенок близоруких кареглазых родителей имеет голубые глаза и нормальное зрение. Каковы генотипы родителей и ребенка?

30. Фенилкетонурия (неспособность усвоения фенилаланина) и одна из редких форм гамма глобулинемии швейцарского типа (приводит к смерти до 6-месячного возраста) наследуется как рецессивный признак. Какова вероятность рождения здоровых детей, если оба родителя дигетерозиготны?

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 5

Взаимодействие неаллельных генов Комплементарное действие генов

Взаимодействие неаллельных генов

Ранее изложенный материал содержит несколько упрощенное объяснение взаимодействия генов и признаков: каждый ген определяет один признак. Исследования показывают, что взаимодействие генов и признаков весьма сложные. Несколько пар генов могут определять появление одного признака; одна пара генов может извращать или подавлять эффект действия другой пары; определенный ген может вызывать различные эффекты в зависимости от изменения внешних условий. Гены наследуются как самостоятельные единицы, но они могут взаимодействовать сложным образом, определяя признак.

Существует несколько основных типов взаимодействия неаллельных генов:

- Комплементарное действие генов;
- Эпистатическое действие генов;
- Полимерное взаимодействие генов;
- Модификационное действие генов.

Комплементарное действие генов

Две независимые пары генов могут взаимодействовать таким образом, что ни один из доминантов не может вызвать соответствующего эффекта в отсутствие второго доминанта. Такие пары генов называют комплементарными (взаимодополняющими); в определении фенотипического эффекта действие каждого из них дополняет действие другого. Присутствие двух доминантов обуславливает появление одного признака, а противоположный признак возникает при отсутствии любого из них или обоих.

Примером одного из сравнительно простых типов взаимодействия может служить наследование формы гребня у кур (рис. 10).

	<u>Белый Виандот</u>		<u>Корниш</u>
RR – розовидный гребень	гомозиготы		гомозиготы
rr – простой			
PP – гороховидный	RRpp	x	rrPP
pp – простой гребень	розовидный		гороховидный
			RrPp (гетерозигота)
			ореховидный

Рис. 10. Получение дигетерозиготных особей кур

При скрещивании гомозиготной птицы, имеющий гороховидный гребень, с гомозиготной, имеющий розовидный гребень, у потомков оказался не гороховидным и не розовидным, а совершенно иного типа, называемого ореховидным. Следовательно, ореховидность гребня определяется наличием у птицы одного или двух генов R и одного или двух генов P, так что все куры генотипов PPRR, PpRR и PpRr будут фенотипически одинаковы, имея ореховидный гребень.

В результате скрещивания между собой двух гетерозиготных птиц с ореховидным гребнем в потомстве наблюдается расщепление в соотношении 9 ореховидных : 3 розовидных : 3 гороховидных : 1 простой (рис. 11).

♀ \ ♂	RP	Rp	rP	rp
RP	RRPP ореховидный	RRPp ореховидный	RrPP ореховидный	RrPp ореховидный
Rp	RRPp ореховидный	RRpp розовидный	RrPp ореховидный	Rrpp розовидный
rP	RrPP ореховидный	RrPp ореховидный	rrPP гороховидный	rrPp гороховидный
rp	RrPp ореховидный	Rrpp розовидный	rrPp гороховидный	rrpp простой (листовидный)

Рис. 11. Потомство F_2 от дигибридного скрещивания кур

Задачи:

Взаимодействие генов

1. От скрещивания серого жеребца с 50 серыми кобылами было получено 38 жеребят серых, 10 вороных и 2 рыжих. Каковы генотипы родителей и потомков? Как называется такой тип взаимодействия генов?

2. От скрещивания кур, имеющих гороховидный гребень с петухами, у которых гребень розовидный, все потомство F_1 имело ореховидный гребень. Каких особей и в каком соотношении получим в F_2 ?

3. Двух петухов с ореховидными гребнями скрестили с курами, имеющими простые гребни. От петуха А все потомство имело ореховидный гребень. От петуха В были потомки, имеющие ореховидный, гороховидный, розовидный и листовидный гребень в одинаковых соотношениях. Определить генотипы родителей и потомков.

4. От скрещивания голубых и коричневых кроликов все крольчата были черными. В F_2 получили крольчат 4 окрасок в следующем количестве: 41 черных, 13 голубых, 17 коричневых и 4 светло-голубых. Определить генотипы родителей и потомков.

5. При скрещивании платиновой норки с алеутской в F_1 все щенки были коричневыми, а в F_2 наблюдалось расщепление в следующем количестве: 30 щенков коричневых, 8 платиновых, 9 алеутских и 3 щенка имели новую окраску – сапфировую.

Как называется данный тип взаимодействия? Каких особей необходимо скрещивать, чтобы получить потомков только сапфировой окраски?

6. Скрещивали норки бежевой и серой окрасок. Все гибриды в F_1 имели коричневую окраску меха. В F_2 получили 50 норок коричневых, 17 бежевых, 15 серых и 6 кремовых. К какому отношению приближается полученное расщепление? Как называется данный тип взаимодействия?

7. При скрещивании белых мышей с черными потомство в F_1 серое. В F_2 было получено потомство из 93 серых, 41 белых и 30 черных мышат. Определить генотипы родителей и потомков. Как называется данный тип взаимодействия?

8. В результате скрещивания белых морских свинок с черным самцом все потомство получилось серым. В F_2 было получено 62 потомка серых, 19 черных, 29 белых. Определить генотипы родителей и потомков. Как называется данный тип взаимодействия?

9. У тутового шелкопряда желтая окраска кокона определяется наличием вместе двух доминантных аллелей A и B , а белая от рецессивных аллелей a и b . Присутствие отдельно аллеля A , также как аллеля B , не приводит к окрашиванию кокона. Скрещивались две белококонные породы ($AAbb \times aaBB$) и все гибриды в F_1 были желтококонными. Определить соотношение фенотипов в F_2 .

Эпистатическое действие генов

Как известно, доминирование есть подавление одним аллелем действие другого: $A > a$, $B > b$, $C > c$ и т.д. Но существует взаимодействие, при котором аллель одного из генов подавляет действие аллелей других генов, например, $A > B$ или $B > A$, или $a > B$, или $b > A$ и т.д. Такое явление называется эпистазом.

Эпистатическое взаимодействие генов по своему характеру противоположно комплементарному взаимодействию.

Гены, подавляющие действие других генов, называют супрессорами. Они могут быть как доминантными, так и рецессивными.

Изменение расщепления при таком типе взаимодействия генов можно наблюдать на примере скрещивания кур доминантной

и рецессивной белой окраски. Белое оперение виандотов, плимутроков и некоторых других пород обусловлено отсутствием гена *C*, определяющего образование в перьях пигмента меланина. Эти породы не являются полными альбиносами, так как глаза их окрашены. В отношении окраски оперения их генотип – *CC*. Окраска леггорнов такая же, как и у других белых пород, но генетический анализ указывает на то, что они несут ген *C*. Действие этого гена подавляется у белых леггорнов геном – супрессором *I*, который в гомозиготном состоянии препятствует появлению окраски.

Когда белых леггорнов скрещивают с рецессивными белыми породами, то F_1 обычно не чисто – белое, т.к. ген *I* у гетерозигот не полностью эпистатичен по отношению к гену *C*. У большинства цыплят и взрослых особей генотипа I_i встречаются черные пятна на пере, но в основном у них преобладает белое оперение; некоторые особи бывают совершенно белые.

При скрещивании между собой гибридов F_1 в F_2 в результате взаимодействия генов *I* и *C* и их аллелей расщепление по окраске будет следующим: 13 белых: 3 окрашенных (Рис. 12).

Белый леггорн		х	Белый плимутрок	
P_1	$II\text{CC}$		$ii\text{cc}$	
F_1		$IiCc$		
оперение преимущественно белое, с темной пятнистостью				
♀ \ ♂	IC	Ic	iC	ic
IC	$II\text{CC}$ белое	$II\text{Cc}$ белое	$Ii\text{CC}$ белое с пятнист.	$Ii\text{Cc}$ белое с пятнист.
Ic	$II\text{Cc}$ белое	$Iicc$ белое	$Ii\text{Cc}$ белое с пятнист.	$Ii\text{cc}$ белое
iC	$Ii\text{CC}$ белое с пятнист.	$Ii\text{Cc}$ белое с пятнист.	$ii\text{CC}$ окрашенное	$ii\text{Cc}$ окрашенное
ic	$Ii\text{Cc}$ белое с пятнист.	$Ii\text{cc}$ белое	$ii\text{Cc}$ окрашенное	$ii\text{cc}$ белое

Рис. 12. Эпистатическое действие генов

Если бы можно было идентифицировать каждую особь, гетерозиготную по I, то соотношение изменилось бы таким образом: 7 (чисто белых) : 6 (белых с черными пятнышками) : 3 (окрашенных). Среди семи чисто белых три должно быть гомозиготными только по гену доминантной белой окраски, три только по гену рецессивной окраски, а одна – по генам обеих белых окрасок, однако распознать эти три генотипа можно лишь путем анализирующего скрещивания.

Задачи:

Эпистатическое действие генов

1. Пахово-мошоночная грыжа у свиней (при этой болезни петли кишечника проходят через паховое кольцо в мошонку) появляется у хрячков, гомозиготных по обоим рецессивным генам (hhii). У какой части потомства будет проявляться данное заболевание, если известно, что родители являются дигетерозиготными?

2. У кроликов породы баран уши имеют 30 см длины, у другой породы – 10 см. Этот признак контролируется двумя парами генов с однозначным действием. Генотип породы баран $L_1 L_1 L_2 L_2$, а обычных кроликов $l_1 l_1 l_2 l_2$. Определить длину ушей кроликов F_1 и всех возможных генотипов в F_2 .

3. Цвет кожи у человека определяется взаимодействием нескольких пар генов. Цвет кожи тем темнее, чем больше доминантных генов в генотипе. Негритянка (AABB) и белый мужчина (aabb) имеют детей, которые называются мулатами (AaBb). Можно ли ожидать от двух мулатов детей полных негров, мулатов, белых? Какую долю составляют дети каждого типа? Можно ли ожидать у супругов негров детей более светлых, чем они сами?

4. У лисиц платиновая окраска определяется геном P, а серебристо-черная – p. При разведении платиновых лисиц «в себе» получают 2 части платиновых и 1 часть серебристо-черных. Иногда рождаются белые щенки, которые погибают. Каковы генотипы платиновых родителей и потомков?

5. Скрещивали норки бежевой и серой окрасок. Все гибриды в F_1 имели коричневую окраску меха. В F_2 получили 50 норок

коричневых, 17 бежевых, 15 серых и 6 кремовых. К какому отношению приближается полученное расщепление? Как называется данный тип взаимодействия?

6. При скрещивании белых мышей с черными потомство в F_1 серое. В F_2 было получено потомство из 93 серых, 41 белых и 30 черных мышат. Определить генотипы родителей и потомков. Как называется данный тип взаимодействия?

7. В результате скрещивания белых морских свинок с черным самцом все потомство получилось серым. В F_2 было получено 62 потомка серых, 19 черных, 29 белых. Определить генотипы родителей и потомков. Как называется данный тип взаимодействия?

8. У тутового шелкопряда желтая окраска кокона определяется наличием вместе двух доминантных аллелей А и В, а белая от рецессивных аллелей а и в. Присутствие отдельно аллеля А, также как аллеля В, не приводит к окрашиванию кокона. Скрещивались две белококонные породы ($AAbb \times aaBB$) и все гибриды в F_1 были желтококонными. Определить соотношение фенотипов в F_2 .

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 6

Наследование признаков, сцепленных с полом

Половые хромосомы, также как и аутосомы, несут в себе гены, контролирующие те или иные признаки. Признаки, которые обусловлены генами, расположенными в половых хромосомах, называют сцепленными с полом.

Явление сцепленного с полом наследования было в первые открыто Т. Морганом в опытах на дрозофиле в 1910 г.

У плодовой мушки нормальный цвет глаз темно-красный, но встречаются и белоглазые формы. Гены, определяющие красный или белый цвет глаз, локализованы в X - хромосоме и, следовательно, сцепленные с полом. Красный цвет глаз (А) доминирует над белым (а), при скрещивании гомозиготной красноглазой самки с белоглазым самцом ($X^A X^A \times X^a Y$) все потомство оказывается красноглазым. В F_2 происходит

расщепление в соотношении 3 красноглазых к 1 белоглазой, но при этом оказывается, что белоглазыми бывают только самцы (рис. 13).

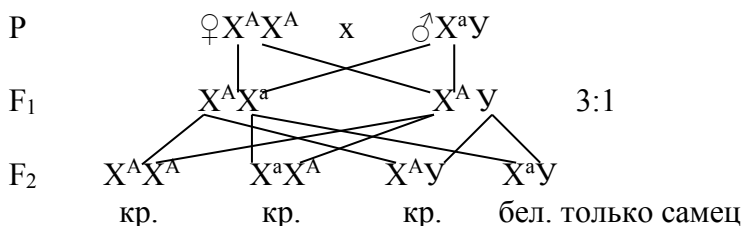


Рис. 13. Схема наследования сцепленного с полом цвета глаз у дрозофилы

В случае реципрокного скрещивания, когда самка гомозиготна по гену белых глаз, скрещивается с красноглазым самцом ($X^a X^a \times X^A Y$), расщепление наблюдается в первом же поколении в соотношении белоглазых к красноглазым 1:1, при этом белоглазыми оказываются только самцы, а все самки красноглазыми (рис. 14).

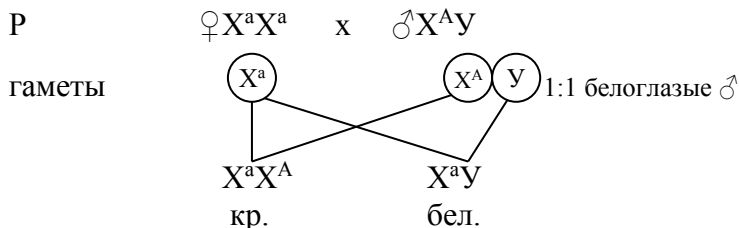


Рис. 14. Схема реципрокного скрещивания цвета глаз у плодовой мушки

В F₁ появляются мухи с обеими признаками в соотношении 1:1 как среди самок, так и среди самцов (рис. 15).

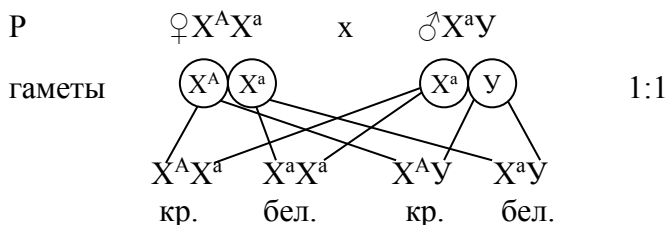


Рис. 15. Схема скрещивания цвета глаз с обеими признаками

С полом сцеплена рецессивная золотистая окраска кур породы род-айланд ($XSXS$ у петухов XsY у курочек). При скрещивании петухов род-айланд с курами породы Суссекс, несущими доминантный ген S , как и в опытах на дрозофиле и курах породы плимутрок, происходит передача признака пигментации от матери к сыну и от отца к дочери, т.е. все петушки будут серебристыми, а курочки - с золотистыми перьями.

Сцепленное с полом наследование обнаружено и у других видов животных. Так, у собак обнаружено заболевание гемофилией. Явление гемофилии заключается в утрате кровью нормальной способности к свертыванию. Синдром гемофилии обычно проявляется впервые у щенят в возрасте от 6 недель до 3-х месяцев. В число обычных симптомов входят: хромота (вследствие кровоизлияний в суставы), сильная подкожная припухлость и в конечном итоге паралич одной или нескольких конечностей. Небольшие царапины могут оказаться для щенят - гемофиликов смертельными.

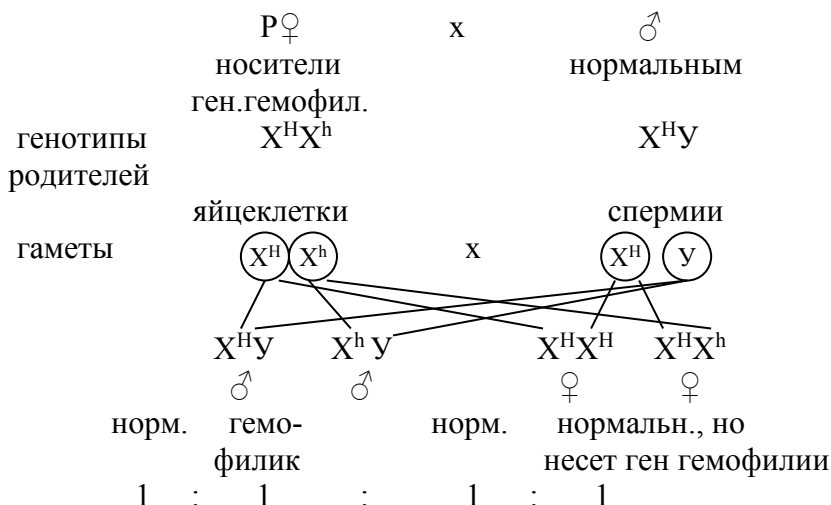


Рис. 16. Схема наследования сцепленной с полом гемофилии, которая передается от гетерозиготной самки при скрещивании ее с нормальным самцом

Гемофилия у собак обусловлена, как и у человека, сцепленным с X - хромосомой рецессивным геном, щенята -

гемофилии редко доживают до половой зрелости, поэтому обычно гемофилии рождаются от скрещивания гетерозиготной самки с нормальным самцом. Если обозначить ген, обуславливающий гемофилию, буквой h , а его доминантный ген - H , то поведение этих генов и выщепление гемофиликов, наблюдается при таком типе скрещивания, можно понять из схемы.

Из схемы видно, что в пометах от самок, являющихся носителями гемофилии, половина самцов нормальны, а половина - гемофилии (h), а среди самок 100% нормальные, но действие его не проявляется, т.к. у них имеется еще доминантный аллель H . У остальных сестер ген h отсутствует.

Передача через половые хромосомы признаков, сцепленных с X - и Y - хромосомами, указывает на то, что на особь мужского пола большее влияние оказывает наследственность матери и ее предков, передавших X - хромосому, которая является носителем генов для ряда признаков. Наследственность же отца, передавшего сыну Y - хромосому, генетически малоактивна.

Наследование признаков ограниченные полом

От признаков, сцепленных с полом, следует отличать признаки, ограниченные полом, которые развиваются только у особей одного пола, например, молочная продуктивность коров, яйценоскость у кур и т.д. гены подобных признаков могут быть локализованы в любой паре хромосом, самцы и самки в одинаковой степени передают их как дочерям, так и сыновьям.

В практике животноводства ограниченные полом признаки могут подвергаться селекции как по линии самцов, так и через самок. Например, повышение молочности, многоплодия, яйценоскости осуществляется путем селекции обоих родителей, хотя эти признаки появляются в фенотипе только одного из них.

Задачи:

Наследственность признаков, сцепленных с полом

1. Красная окраска глаз у дрозофилы доминирует над белой. Ген, влияющий на окраску глаз, локализован в X хромосоме. Белоглазая самка скрещена с красноглазым самцом. Какая окраска глаз будет у потомков F_1 ? Какое потомство получится от

скрещивания женских особей F_1 с отцовской формой? от скрещивания мужских особей F_1 с материнской формой?

2. От скрещивания красноглазых самок дрозофилы с красноглазыми самцами было получено 90 красноглазых самок, 45 красноглазых и 48 белоглазых самцов. Каковы генотипы родителей и потомков?

3. Самцы тутового шелкопряда приносят на 30% шелка больше, чем самки. Ген темной окраски грены (А) локализован в W-хромосоме, а ген светлой окраски (а) – в Z-хромосоме. Можно ли разделить по полу будущих самцов и самок по окраске грены?

4. У некоторых пород кур окраска оперения сцеплена с полом. От скрещивания белых кур с полосатыми петухами все потомство полосатое. Определите, какое потомство будет в F_2 ?

5. Полосатая окраска у кур доминирует над белой. Скрещивали полосатых кур с белыми петухами. В F_1 все куры были белыми, а петухи полосатыми. Почему?

6. Ген серебристой окраски у кур локализован в Z-хромосоме и доминирует над геном золотистой окраски. Когда можно определить пол цыплят по окраске оперения: когда золотистая курица скрещена с гомозиготным серым петухом или когда серая курица скрещена с золотистым петухом?

7. Золотистая окраска оперения рецессивна. При скрещивании золотистых петухов с серебристыми курами в F_1 все петухи серебристые, все куры золотистые. Как наследуется серебристая и золотистая окраска у кур?

8. У бронзовых индеек изучено своеобразное дрожание тела, которое получило название «вибрирование». При скрещивании «вибрирующих» индюков с нормальными индейками все потомки женского пола были «вибрирующими», а самцы – нормальными. Доминантна или рецессивна эта болезнь? Каковы генотипы родителей и потомков?

9. У кошек желтая окраска шерсти определяется доминантным геном В, черная – в, гетерозигота Вв имеет черепаховую окраску. Ген, определяющий окраску шерсти, сцеплен с полом. Каких котят получим от скрещивания желтой кошки и черного кота? От черного кота и черепаховой кошки?

10. Желтая окраска шерсти у кошек определяется геном В, черная – в, в гетерозиготном состоянии Вв проявляется черепаховая окраска. От черной кошки родились двое черепаховых котят и двое черных. Определить генотип и фенотип отца и потомков, а также пол последних.

11. От фенотипически здоровых родителей было получено 6 щенят. Один из них болел гемофилией. Определить генотипы родителей и возможные генотипы остальных щенят. Доминантна или рецессивна эта болезнь?

12. У лошади гемофилия (несвертываемость крови) вызывается геном h, локализованным в X-хромосоме. От нормальных родителей был получен больной жеребенок. Какова вероятность получения другого больного жеребенка от этой же пары?

13. Может ли быть мужчина гетерозиготным по признакам, сцепленным с полом? Напишите формулу генотипа.

14. Может ли признак, сцепленный с полом, передаваться от отца к сыну?

15. У человека дальтонизм (d) (цветная слепота) сцеплена с полом. Мужчина-дальтоник женился на женщине-носителнице. Каких детей можно ожидать от этого брака?

16. От фенотипически здоровой женщины и мужчины дальтоника родился сын, страдающий цветной слепотой. Определите, от кого из родителей этот ребенок унаследовал эту болезнь? Могут ли в этой семье рождаться дети с нормальным зрением?

17. От женщины, отличающей нормально цвета, и мужчины-дальтоника родилась девочка-дальтоник. Каковы генотипы родителей?

18. Мать различает цвета нормально, а отец и сын – дальтоники. От кого из родителей унаследовал эту болезнь сын?

19. Гемофилия передается как рецессивный, сцепленный с полом признак. Мужчина, больной гемофилией, вступает в брак со здоровой женщиной, отец которой страдал этой болезнью. Определить вероятность рождения в этой семье здоровых детей.

20. Отец и сын в семье гемофилики и кареглазые, а мать имеет голубые глаза и нормальную свертываемость крови. От кого из родителей унаследовал этот признак сын?

21. У человека псевдогипертрофическая мышечная дистрофия (смерть в 10-20 лет) зависит от рецессивного сцепленного с полом гена. Болезнь зарегистрирована только у мальчика. Почему?

22. Одна из форм ихтиоза (чешуйчатость кожи) наследуется как рецессивный сцепленный с полом признак. От здоровых родителей родился больной сын. Какова вероятность рождения следующих детей здоровыми?

23. У человека известна одна из форм рахита из-за недостатка фосфора в крови. Эта болезнь не поддается лечению витамином D. В потомстве от браков 14 мужчин, больных этой формой рахита, со здоровыми женщинами родились 21 дочь и 16 сыновей. Все сыновья были здоровыми, а все дочери страдали недостатком фосфора в крови. Объясните, доминантна или рецессивна эта болезнь? В какой хромосоме локализован этот ген?

24. Гипоплазия эмали (тонкая зернистая эмаль, зубы светло-бурого цвета) наследуется как сцепленный с полом признак. От родителей, страдающих аномалией, родился здоровый сын. Доминантна или рецессивна эта болезнь?

25. Гипертрихоз (вырастание волос на краю ушной раковины) передается через Y-хромосому. Если отец обладает гипертрихозом, будут ли страдать и его дети этой аномалией?

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 7

Генетика количественных признаков. Биометрическая обработка данных сельскохозяйственных животных

Работая с биологическими объектами, в том числе и сельскохозяйственными животными, мы проводим определенные наблюдения. Чтобы можно было их систематизировать и статистически обработать, необходимо эти наблюдения выразить в цифрах. Математической обработкой этих цифр и выяснением ряда интересующих нас вопросов и занимается биометрия.

БИОМЕТРИЯ - наука о статистическом анализе групповых свойств в биологии.

При помощи биометрии можно решать следующие вопросы:

Определять среднее значение изучаемого нами признака.

Вычислять степень изменчивости (вариабельности) интересующего нас признака.

Измерять наличие, величину и направление связей между различными показателями.

Устанавливать достоверность полученных результатов.

Сопоставлять эмпирические (опытные) данные с теоретическими для выявления случайности и неслучайности степени отклонений эмпирических данных от теоретических.

Выяснять, какая доля общей изменчивости признака обусловлена тем или иным фактором.

Прогнозировать и моделировать эпизоотологические явления.

А. Характеристика основных средних величин

В биометрии различают следующие основные средние величины:

- | | |
|---------------------------|---------|
| 1. Средняя арифметическая | - M |
| 2. Средняя геометрическая | - G |
| 3. Средняя квадратическая | - S |
| 4. Средняя гармоническая | - H |
| 5. Мода | - M_o |
| 6. Медиана | - M_e |

1. Среднюю арифметическую отличают 2-х типов:

- а) простая средняя арифметическая - M ,
- б) взвешенная средняя арифметическая - $M_{взв.}$

а) **Простая средняя арифметическая (M)** - наиболее распространенный и широко используемый статистический показатель. Средняя арифметическая показывает, какую величину признака имели бы животные данной группы, если бы она была одинаковой у всех.

Когда изучаемая группа небольшая по численности ($n < 30$), т.е. когда мы имеем дело с малой выборкой, среднюю арифметическую вычисляют по формуле:

$$M = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}{n} = \frac{\sum V}{n}, \quad (1)$$

где M - средняя арифметическая;

V - (варианты) величины признаков у каждой особи данной совокупности (группы);

n - число особей, вошедших в выборочную совокупность;

$\sum$ - символ суммирования.

П р и м е р. Найти среднюю живую массу 6 телят, полученных от коровы Краска № 104 за 6 отелов: 27 кг, 33 кг, 37 кг, 28 кг, 39 кг, 36 кг.

$$M = \frac{27 + 33 + 37 + 28 + 39 + 36}{6} = \frac{200 \text{ кг}}{6} = 33,3 \text{ кг}.$$

б) Взвешенная средняя арифметическая ($M_{\text{взв}}$)

рассчитывается для значений признака с неодинаковыми математическими значениями - в животноводстве, например, для определения среднего содержания жира и белка в молоке коров за лактацию. Для этого количество молока за каждый месяц умножается на процент жира (или белка) за данный месяц. Полученное однопроцентное молоко по месяцам суммируется и делится на количество надоенного молока за лактацию.

Таким образом, чтобы рассчитать взвешенную среднюю арифметическую, необходимо каждое значение признака умножить на его математический вес, все эти произведения сложить и полученную сумму разделить на сумму весов. Рассчитывают взвешенную среднюю арифметическую по следующей формуле:

$$M_{\text{взв}} = \frac{V_1 \cdot p_1 + V_2 \cdot p_2 + V_3 \cdot p_3 + \dots + V_n \cdot p_n}{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n} = \frac{\sum V \cdot p}{\sum p}, \quad (2)$$

где $M_{\text{взв}}$ - взвешенная средняя арифметическая;

V - значение признака (содержание жира или белка);

p - математический вес усредняемого значения (удои).

2. Средняя геометрическая (G) - такая средняя величина, которая определяет средний прирост (или уменьшение) какого-либо показателя за определенный период времени. Эта величина позволяет определить правильно прирост поголовья стада, прирост показателей продуктивности; установить снижение падежа или заболеваемости в стаде и др.

Чтобы получить среднюю геометрическую из n дат, необходимо все даты перемножить и из полученного произведения извлечь корень n -ой степени:

$$G = \sqrt[n]{V_1 \cdot V_2 \cdot V_3 \cdot \dots \cdot V_n}, \quad (3)$$

где G - средняя геометрическая;

V - значение признака;

n - число наблюдений.

Если число дат больше трех, то значение средней геометрической находят логарифмированием величин:

$$\lg G = \frac{\sum \lg V}{n}. \quad (4)$$

3. Средняя квадратическая (S) используется для таких признаков, которые характеризуют плоскость круга или поверхность шара. Например, площадь мышечного волокна в разрезе, жировых шариков в молоке, отдельных клеток или их ядер, колоний и т.д.

Вычисляется средняя квадратическая по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum V^2}{n}}, \quad (5)$$

где S - средняя квадратическая;

V - значение признака;

n - число наблюдений.

4. **Средняя гармоническая (Н)** применяется для определения средней скорости какого-то процесса. Н а п р и м е р, скорости молокоотдачи, скорости бега лошади. Рассчитывают ее по формуле:

$$H = \frac{n}{\sum \frac{1}{V}}, \quad (6)$$

где *H* - средняя гармоническая;

V - значение признака;

n - число наблюдений.

Н а п р и м е р, от коровы Ветка № 412 за 4 минуты, надоено 10 кг молока: за первую минуту надоено 4 кг, за вторую - 3 кг, за третью - 2 кг и за четвертую минуту - 1 кг.

Средняя скорость молокоотдачи у этой коровы будет равна:

$$H = \frac{n}{\sum \frac{1}{V}} = \frac{4_{мин}}{\frac{1}{4} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2} + \frac{1}{1}} = \frac{4_{мин}}{2,08} = 1,92_{кг \cdot мин}$$

5. **Мода (Мо)** - эта такая дата или класс, который в исследуемой группе встречается наиболее часто. Н а п р и м е р, более часто встречаются свиноматки с 12 сосками и т. д.

6. **Медиана (Ме)** - это величина признака, которая разделяет исследуемую группу на две равные части: одна часть имеет значение признака меньше, чем медиана, а другая - больше.

Н а п р и м е р, имеем ряд цифр 1, 2, 3, 4, 5. Ме = 3.

Б. Вариационный ряд, его построение и обработка

При большом числе наблюдений (когда $n > 30$) вычислениям подвергают не простой статистический ряд, а вариационный ряд.

Вариационный ряд состоит из двух элементов, а именно:

І - из ряда классов варьирующего признака. Класс - это выделенные из общей группы части, в которые собраны особи,

сходные по своей величине. Например, классы по количеству надоев молока:

- I класс – 2000 - 2499 кг,
- II класс – 2500 - 2999 кг,
- III класс – 3000 - 3499 кг,
- IV класс – 3500 - 3999 кг и т. д.

II - из ряда частот (f), которые указывают сколько особей входит в тот или иной класс.

Вариационные ряды бывают двух типов:

- I. Прерывистые.
- II. Непрерывные.

I. **Прерывистый вариационный ряд** - это такой ряд, когда значение признака может быть выражено только целыми числами. Например, число поросят в опоросе от одной свиноматки, число животных в стаде, количество снесенных яиц и т. д.

II. **Непрерывный вариационный ряд** - это такой ряд, в котором значение признака может быть выражено не только целыми, но и дробными числами. Такими признаками являются живая масса, удой, содержание жира в молоке, величины промеров и т. д. Поскольку в этом случае встречается мало животных с абсолютно одинаковыми показателями (например, много ли в стаде коров с удоем 4315 кг?), то проводят их группировку в классы в зависимости от величины изучаемого признака в пределах определенного интервала.

Для построения вариационного ряда необходимо:

1. Выявить минимальное ($v_{\min}$) и максимальное ($v_{\max}$) значение признака. Для этого необходимо просмотреть весь материал. Например, в группе из 50 коров наименьший удой ($v_{\min}$) равен 2050 кг молока, а наибольший ($v_{\max}$) - 4800 кг

2. Определить разность между максимальным и минимальными значениями изучаемого признака, т.е. определить размах варьирования (D).

$$D = v_{\max} - v_{\min}. \quad (7)$$

или для нашего примера $D = 4800 \text{ кг} - 2050 \text{ кг} = 2750 \text{ кг}$.

3. Исходя из объема выборки (т.е. числа особей в выборке) и изменчивости признака, установить число классов.

Считается удобным, когда в выборке

40 – 60 особей – 6 – 8 классов

60 – 100 особей – 7 – 10 классов

100 – 200 особей – 9 – 12 классов

200 – 500 особей – 12 – 17 классов

>500 особей - до 20 классов

В нашем примере $n = 50$, условимся построить вариационный ряд из 6 классов.

4. Определить величину класса или классового интервала (промежутка) (k). Для этого необходимо разделить размах варьирования (D) на установленное число классов. Для нашего примера:

$$k = \frac{D}{\text{число классов}} = \frac{2750 \text{ кг}}{6 \text{ классов}} = 459 \text{ кг} \approx 500 \text{ кг}. \quad (8)$$

Если полученная величина « k » дробная, для удобства ее округляют в сторону большего числа, причем лучше, чтобы она оканчивалась на 0 или 5, так как удобнее будет рассчитывать границы классов.

5. Установить границы классов. Границы класса могут быть любые, но обязательно в I класс должно войти минимальное значение признака, а в последний класс - его максимальное значение.

Для удобства нижнюю границу первого класса округляют в сторону уменьшения, чтобы она заканчивалась 0 или 5.

У нас в примере $v_{\min} = 2050$ кг, округляем до 2000 кг.

Для получения первого класса прибавляем к этой величине классовый интервал ($k = 500$ кг) = 2500 кг и получаем границы I класса: от 2000 – 2500 кг.

Верхняя граница I класса (2500 кг) является нижней границей II класса, к которому прибавляем классовый промежуток (2500 кг + 500 кг = 3000 кг) и получаем границы II класса: от 2500 – 3000 кг.

Верхняя граница II класса является нижней границей III класса, к которому прибавляют классовый промежуток и получают III класс и так далее.

Но поскольку в I и во II классах встречается одна и та же цифра - 2500 кг, во втором и третьем - 3000 кг и т.д., для того, чтобы этого не было, конец предыдущего класса условно уменьшают на I, то есть классы будут следующими:

I класс 2000 - 2499 кг;

II класс 2500 - 2999 кг;

III класс 3000 - 3499 кг и т. д.

6. Определив границы классов, необходимо произвести разnosку данных каждой особи выборки по классам. В результате каждая особь будет входить в тот или иной класс. Например, корова с удоем 2830 кг будет входить во II класс, а корова с удоем 3480 кг - в III.

При разnosке отметок в классах удобнее пользоваться десятичной системой:

Число особей	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Отметка	.	:	∴	∴∴	∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴∴	∴∴∴∴∴∴	∴∴∴∴∴∴∴	∴∴∴∴∴∴∴∴	∴∴∴∴∴∴∴∴∴	∴∴∴∴∴∴∴∴∴∴	∴∴∴∴∴∴∴∴∴∴∴ и т.д.

Это облегчает и ускоряет подсчет наблюдений (или частот - f) в каждом классе.

Обработка вариационного ряда

Один из методов обработки вариационного ряда - это метод условных отклонений с применением способа произведений.

Задание: вычислить средний удой (кг) в группе коров черно-пестрой породы:

3500	3820	4499	3480	3311
3888	2997	2050	3680	3714
3480	4150	3712	3485	4218
3915	3285	3250	3393	3890
3118	3343	2502	3911	3730
3677	4480	3214	3730	3736
4222	4800	3816	3815	3444

3059	3611	3189	3245	3815
4502	2830	2502	2883	3889
3733	3729	3223	3415	4018

Для разнесения данных и последующей обработки вариационного ряда удобнее построить его в следующем виде:

Классы	Отметки при разности	Частоты (f)	Условное отклонение (a)	$f \cdot a$	$f \cdot a^2 = fa \cdot a$
2000-2499		1	- 3	- 3	9
2500-2999		5	- 2	- 10	20
3000-3499		16	- 1	- 16	16
3500-3999		20	0	0	0
4000-4499		6	+ 1	6	6
4500-4999		2	+ 2	4	8
$\Sigma f = n = 50$				$\Sigma fa = -19$	$\Sigma fa^2 = 59$

Формула средней арифметической по способу произведений следующая:

$$M = A + k \cdot b, \quad (9)$$

где M - средняя арифметическая;

A - условная средняя;

k - классовый промежуток, или величина класса;

b - поправка, которую определяют по формуле:

$$b = \frac{\Sigma f \cdot a}{n}, \quad (10)$$

где f - частоты классов вариационного ряда;

a - условное отклонение;

n - число наблюдений, или объектов;

Σ - знак суммирования;

b - может иметь и знак «+» и знак «—».

Таким образом, предыдущую формулу можно выразить так:

$$M = A + k \cdot \frac{\sum f \cdot a}{n}. \quad (11)$$

После разнесения данных в вариационном ряду, то есть заполнения классов и частот, выделяют класс, середину которого принимают за условную среднюю (А). Рекомендуется в качестве условного среднего класса брать тот класс, который занимает срединное место в вариационном ряду и включает наибольшее значение частот. В нашем примере это класс 3500-3999, где $n = 20$. Выделенный класс условной средней отделяют от других классов жирными линиями и принимают его за нулевой.

Условная средняя арифметическая (А) представляет середину нулевого класса. Ее можно определить, если к нижней границе нулевого класса (3500), добавить половину классового промежутка $\frac{\kappa}{2}$, то есть

$$A = 3500 \text{ кг} + \frac{500 \text{ кг}}{2} = 3500 \text{ кг} + 250 \text{ кг} = 3750 \text{ кг}.$$

Классы, идущие от нулевого в сторону уменьшения признака, перечисляются по порядку вверх со знаком минус (- 1; - 2; - 3 и т. д.). В сторону увеличения признака классы перечисляются со знаком плюс (+ 1; + 2; + 3 и т. д.).

Для вставления в формулу необходимо иметь произведения $f \cdot a$, поэтому в каждом классе умножаем соответствующее значение (f) на условное отклонение (a) этого класса ($1 \cdot (-3) = -3$; $5 \cdot (-2) = -10$ (и т.д.). Полученные произведения суммируем. При этом необходимо помнить, что действует правило знаков.

В нашем примере получаем алгебраическую сумму:

$$\sum f \cdot a = (-3) + (-10) + (-16) + 6 + 4 = -29 + 10 = -19$$

$$b = \frac{\sum f \cdot a}{n} = \frac{-19}{50}.$$

Получив все данные, подставляем их в формулу и получаем:

$$M = A + k \cdot \frac{\sum f \cdot a}{n} = 3750 \text{ кг} + 500 \text{ кг} \cdot \frac{(-19)}{50} = 3750 \text{ кг} - 190 \text{ кг} =$$

= 3560 кг.

Следовательно, средний удой в исследуемой группе коров равен 3560 кг.

Задание. Пользуясь данными Государственных Племенных книг (ГПК), отобрать 50 - 60 коров по живой массе и определить: $V_{\min}$; $V_{\max}$; D ; количество классов; величину « k »; построить вариационный ряд; произвести разностку; вычислить M .

Графическое изображение вариационного ряда

Вариационный ряд может быть изображен и в виде графика - по горизонтали отмечают классы, а по вертикали - соответствующие частоты каждого класса. В результате разностки границ классов и количества особей получается ступенчатая кривая, или гистограмма. Если в этом графике соединить между собой одной линией середины каждого класса соответствующего числу животных, то получают линейную или вариационную кривую.

Для нашего примера:

Графическое изображение вариационного ряда

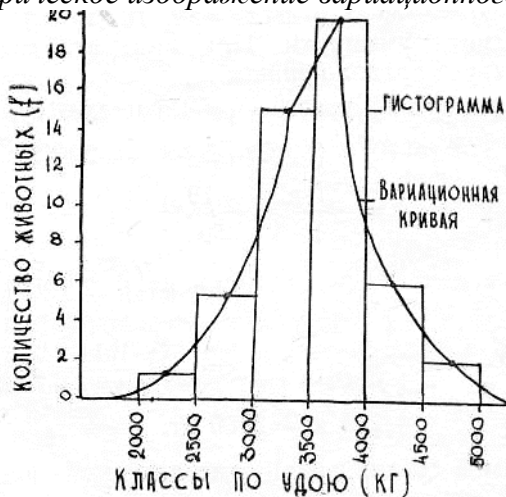


Рис. 17. Определение степени изменчивости (или разнообразия) варьирующих признаков

Вычисленная средняя арифметическая показывает только среднюю величину признака, не указывая на степень его изменчивости, то есть насколько разнообразны, насколько неодинаковы особи между собой.

Изменчивость может быть выражена при помощи следующих основных показателей:

1. Лимиты ($\lim$).
2. Дисперсия или варианса (σ^2).
3. Среднее квадратическое отклонение (σ) (сигма).
4. Коэффициент вариации, или коэффициент изменчивости (C_v).

1. **Лимиты** ($\lim$) - самый простой способ выражения изменчивости, $\lim$ - это минимальное ($V_{\min}$) и максимальное ($V_{\max}$) значения признака:

$\lim = V_{\min} - V_{\max}$, в нашем примере $\lim = 2050 \text{ кг} - 4800 \text{ кг}$.

2. **Дисперсия или варианса** (σ^2) указывает на степень разнообразия показателя V у членов совокупности по сравнению с M данного ряда.

Поскольку в любой выборке всегда будут варианты (V) как меньше M , так и больше, то сумма отклонений $V - M$, всегда будет равна 0, то есть

$$\sum (V - M) = 0. \quad (12)$$

Чтобы определить степень изменчивости, каждое значение $V - M$ необходимо возвести в квадрат, а затем результаты просуммировать. Если эту сумму разделить на n , то получим дисперсию или вариансу, то есть

$$\sigma^2 = \frac{\sum (V - M)^2}{n}. \quad (13)$$

Таким образом, дисперсия выражает изменчивость через средний квадрат отклонения каждого члена совокупности от M данной выборки.

3. **Среднее квадратическое отклонение** (σ) - является основным показателем изменчивости. Сигма может быть получена, если извлечь корень из дисперсии, то есть

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum(V - M)^2}{n}}. \quad (14)$$

При малом числе наблюдений (когда $n < 30$), эта формула имеет следующий вид:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum(V - M)^2}{n - 1}}. \quad (15)$$

где $n - 1$, или ν (ню) - число степеней свободы;

σ - показывает, насколько в среднем каждый вариант отклоняется от средней арифметической, вычисленной для данной совокупности.

Когда расчеты проводятся для большой выборки при помощи вариационного ряда, а рассчитывают по следующей формуле:

$$\sigma = \pm k \cdot \sqrt{\frac{\sum f \cdot a^2}{n} - \left(\frac{\sum f \cdot a}{n} \right)^2}, \quad (16)$$

а поскольку $\frac{\sum f \cdot a}{n} = b$, то можно выразить ее еще так:

$$\sigma = \pm k \cdot \sqrt{\frac{\sum f \cdot a^2}{n} - b^2}, \quad (17)$$

где σ - среднее квадратическое отклонение;

k - классовый промежуток;

n - число наблюдений (число животных в группе);

b - поправка.

$\sum f \cdot a^2$ - сумма произведений частот на условные отклонения каждого класса, возведенные в квадрат (или $\sum f a \cdot a$) (см. выше «Обработка вариационного ряда»).

В нашем примере:

$$\begin{aligned}\sigma &= \pm k \cdot \sqrt{\frac{\sum f \cdot a^2}{n} - \left(\frac{\sum f \cdot a}{n}\right)^2} = \pm 500_{\text{кг}} \cdot \sqrt{\frac{59}{50} - \left(\frac{-19}{50}\right)^2} = \\ &= 500_{\text{кг}} \sqrt{1,18 - 0,14} = \pm 500_{\text{кг}} \sqrt{1,04} = \\ &= \pm 500_{\text{кг}} \cdot 1,02 = \pm 510_{\text{кг}}.\end{aligned}$$

Среднее квадратическое отклонение имеет ряд свойств:

1) σ - величина именованная и выражается в тех же единицах измерения, что и средняя величина

2) чем больше значение σ для данного признака, тем больше изменчивость этого признака;

3) в так называемых нормальных вариационных рядах, весь размах изменчивости, который ограничен минимальным и максимальным значением признака включает в себе 6σ . Общий размах изменчивости выражается в виде $M \pm 3\sigma$;

4) по значению M и σ можно рассчитать приблизительно каковы значения $V_{\min}$ и $V_{\max}$ в данной совокупности, если мы их не знаем.

$$V_{\min} = M - 3\sigma; \quad V_{\max} = M + 3\sigma. \quad (18)$$

В нашем примере:

$$V_{\min} \approx 3560 \text{ кг} - (3 \cdot 510 \text{ кг}) \approx 3560 \text{ кг} - 1530 \text{ кг} \approx 2030 \text{ кг};$$

$$V_{\max} \approx 3560 \text{ кг} + (3 \cdot 510 \text{ кг}) \approx 3560 \text{ кг} + 1530 \text{ кг} \approx 5090 \text{ кг};$$

Поскольку σ величина именованная, она не может быть использована для сравнения изменчивости разноименных признаков. Например, в группе коров σ для удоя составляет 600 кг; σ живой массы = 50 кг; σ содержания жира в молоке = 0,2%.

Для сравнения степени изменчивости различных признаков пользуются другим показателем - коэффициентом вариации.

4. Коэффициент вариации (или коэффициент изменчивости) (C_v) - является выражением среднеквадратического отклонения в % от средней арифметической, то есть

$$C_v = \frac{\sigma}{M} \cdot 100, \quad (19)$$

где C_v - коэффициент вариации;
 a - среднее квадратическое отклонение;
 M - средняя арифметическая.

Для нашего примера

$$C_v = \frac{\sigma}{M} \cdot 100, = \frac{510_{\text{кг}}}{3560_{\text{кг}}} \cdot 100 = 14,3\%.$$

Коэффициент вариации всегда выражается в процентах и, являясь относительной величиной, позволяет судить не о размахе, а о степени изменчивости признаков, выраженных в любых единицах измерения.

Например, в опытной группе коров определили, что C_v для удоя равен 20%; Для живой массы - 10%; Для жира - 7%/ Исходя из этого можно сделать вывод, что наиболее изменчивым признаком является удои ($C_v=20\%$), в два раза менее вариабельным - живая масса ($C_v=10\%$), еще меньше изменчивость содержания жира в молоке ($C_v=7\%$).

5. Ошибки статистических величин

а) **Ошибка средней арифметической (m).** Поскольку исследования (или опыты) проводятся на выборочной совокупности (какие-то группы животных), а не на генеральной совокупности (то есть не на всех животных), то в выборочную группу может попасть больше лучших животных или наоборот - худших. Это является одним из источников возможных ошибок при вычислении M .

Ошибка средней арифметической вычисляется по формуле:

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (20)$$

где m - ошибка средней арифметической;
 a - среднее квадратическое отклонение;
 n - число наблюдений.

Таким образом, m прямо пропорциональна σ и обратно пропорциональна числу особей в группе. Чем больше численность группы (n), тем точнее получаются результаты и наоборот.

Для нашего примера:

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \pm \frac{510 \text{ кг}}{\sqrt{50}} = \frac{510 \text{ кг}}{7,07} = 72,1 \text{ кг} \approx 72 \text{ кг}.$$

Ошибка средней арифметической выражается в тех же единицах, что и средняя арифметическая и записываются рядом с ней в следующем виде:

$$M \pm m = 3560 \pm 72 \text{ кг}.$$

б) Ошибку среднего квадратического отклонения (m) - вычисляют по следующей формуле:

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}, \quad (21)$$

где m_σ - ошибка среднего квадратического отклонения;

σ - среднее квадратическое отклонение;

n - число наблюдений.

Для рассмотренного примера:

$$m_\sigma = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{2n}} = \pm \frac{510 \text{ кг}}{\sqrt{2 \cdot 50}} = \pm \frac{510 \text{ кг}}{\sqrt{100}} = \pm \frac{510 \text{ кг}}{10} = \pm 51 \text{ кг}.$$

в) Ошибку коэффициента вариации (mc_v) определяют по формуле:

$$mc_v = \frac{C_v}{\sqrt{2n}}, \quad (22)$$

где mc_v - ошибка коэффициента вариации;

C_v - коэффициент вариации;

n - число наблюдений.

Для приведенного примера:

$$mc_v = \frac{C_v}{\sqrt{2n}} = \frac{14,3\%}{\sqrt{2 \cdot 50}} = \frac{14,3\%}{\sqrt{100}} = \frac{14,3\%}{10} = 1,4\%.$$

6. Вычисление статистических показателей при малой выборке

Как было отмечено выше, малой выборкой называется группа, где число особей меньше 30.

В таких случаях средняя арифметическая определяется по формуле:

$$M = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}{n}, \quad (23)$$

а среднее квадратическое отклонение по формуле:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (V - M)^2}{n - 1}}. \quad (24)$$

Например, необходимо вычислить M и σ для группы из 8 коров черно-пестрой породы, имеющих суточные удои (кг): 15,8; 22,7; 17,5; 25,3; 14,4; 16,2; 20,9; 18,4.

$$\begin{aligned} M &= \frac{15,8 + 22,7 + 17,5 + 25,3 + 14,4 + 16,2 + 20,9 + 18,4}{8} = \\ &= \frac{151,2}{8} = 18,9 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Таким образом, среднесуточный удой в данной группе коров составляет 18,9 кг.

Для определения σ из каждого показателя группы необходимо вычислить полученную величину M , результаты возвести в квадрат, итоги суммировать и разделить на число степеней свободы

$$(v = n - 1 = 8 - 1 = 7).$$

$$\begin{aligned} \sum (V - M)^2 &= (15,8 - 18,9)^2 + (22,7 - 18,9)^2 + (17,5 - 18,9)^2 + \\ &+ (25,3 - 18,9)^2 + (14,4 - 18,9)^2 + (16,2 - 18,9)^2 + (20,9 - 18,9)^2 + \\ &+ (18,4 - 18,9)^2 = (-3,1)^2 + (3,8)^2 + (-1,4)^2 + (6,4)^2 + (-4,5)^2 + \\ &+ (-2,7)^2 + (2,0)^2 + (-0,5)^2 = 9,61 + 14,44 + 1,96 + 40,96 + 20,25 + \end{aligned}$$

$$+7,29+4+0,25 = 98,76 \text{ кг.}$$

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum(V - M)^2}{n - 1}} = \pm \sqrt{\frac{98,76 \text{ кг}}{7}} = \pm \sqrt{14,12 \text{ кг}} = \pm 3,7 \text{ кг.}$$

$$C_v = \frac{\sigma}{M} \cdot 100, = \frac{3,7 \text{ кг}}{18,9 \text{ кг}} \cdot 100 = 19,6\%.$$

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \pm \frac{3,7 \text{ кг}}{\sqrt{8}} = \pm \frac{3,7 \text{ кг}}{2,83} = \pm 1,3 \text{ кг.}$$

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{2n}} = \pm \frac{3,7 \text{ кг}}{\sqrt{2 \cdot 8}} = \pm \frac{3,7 \text{ кг}}{\sqrt{16}} = \pm \frac{3,7 \text{ кг}}{4} = \pm 0,9 \text{ кг.}$$

$$m_{C_v} = \frac{C_v}{\sqrt{2n}} = \frac{19,6\%}{\sqrt{2 \cdot 8}} = \frac{19,6\%}{\sqrt{16}} = \frac{19,6\%}{4} = 4,9\%.$$

7. Критерий достоверности разности (t_d)

В большинстве случаев при изучении различных вопросов опыты проводятся на группах животных с небольшой численностью, то есть мы имеем дело с выборочной совокупностью, а не со всей массой животных, то есть не с генеральной совокупностью. Нас интересует вопрос, насколько результаты, которые мы получаем в этих опытах на группах животных (выборочная совокупность), будут соответствовать данным для всех животных (для генеральной совокупности). Для этого определяется достоверность разницы между полученными средними арифметическими.

Достоверность - это свойство выборочной разности правильно отражать по знаку генеральную разность:

Выборочная разность может быть достоверна и недостоверна.

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

Разность недостоверна - это значит, что нельзя заключить с заданной надежностью о генеральной разности ни что она есть, ни что ее нет. Для этого требуется повторение исследований на большем материале.

Достоверность разности измеряется особым показателем, который называется критерием достоверности разности (t_d). Определяют его по формуле:

$$t_d = \frac{d}{m_d}, \quad (25)$$

где t_d - критерий достоверности разности;

$d = M_1 - M_2$ - разность выборочных средних показателей групп;

$m_d = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$ - ошибка выборочной разности;

m_1 и m_2 - ошибки сравниваемых средних арифметических.

Полученное значение t_d сравнивается со стандартным значением критерия, определяемым по таблице Стьюдента (t_{st}).

$$t_d = \frac{d}{m_d} \geq t_{st} (v_d = n_1 + n_2 - 2), \quad (26)$$

где t_d - критерий достоверности разности, полученный в результате проведенных расчетов;

t_{st} - стандартное значение критерия Стьюдента, определяемое по таблице для каждого порога надежности в зависимости от числа степеней свободы;

v_d - число степеней свободы, определяемое в результате суммирования числа животных в обеих группах минус 2, то есть

$$v_d = n_1 + n_2 - 2$$

Например, в одной группе было 6 животных, а в другой - 4. Число степеней свободы будет:

$$v_d = 6 + 4 - 2 = 8.$$

Полученный t_d в данном опыте будет сравниваться со стандартным значением для $v_d = 8$ (1,9; 2,3; 3,4; 5,0 см. табл. 1). Если $t_d \geq t_{st}$, то разность достоверна с определенной надежностью, то есть соответствует по знаку генеральной разности.

Таблица 1
Стандартные значения критерия Стьюдента (t_{st})

v_d	$B_0 = 0,90$	$B_1 = 0,95$	$B_2 = 0,99$	$B_3 = 0,999$
1	6,3	12,7	63,7	637,0
2	2,9	43	9,9	31,6
3	2,4	3,2	5,8	12,9
4	2,1	2,8	4,6	8,6
5	2,0	2,6	4,0	6,9
6	1,9	2,4	3,7	6,0
7	1,9	2,4	3,5	5,3
8	1,9	2,3	3,4	5,0
9	1,8	2,3	3,3	4,8
10	1,8	2,2	3,2	4,6
11	1,8	2,2	3,1	4,4
12	1,8	2,2	3,1	4,2
13	1,8	2,2	3,0	4,1
14-15	1,8	2,1	3,0	4,1
16-17	1,7	2,1	2,9	4,0
18-20	1,7	2,1	2,9	3,9
21-24	1,7	2,1	2,8	3,8
25-28	1,7	2,1	2,8	3,7
29-30	1,7	2,0	2,8	3,7
31-34	1,7	2,0	2,7	3,7
35-42	1,7	2,0	2,7	3,6
43-62	1,7	2,0	2,7	3,5
63-175	1,6	2,0	2,6	3,4
176- ∞	1,6	2,0	2,6	3,3

Различают 4 порога достоверности:

Нулевой - $B_0 = 0,90$ - это значит, что из 100 случаев повторения опыта в 90 случаев получатся аналогичные результаты (в нашем примере для $v_d = 8$, $t_{st}(B_0) = 1,9$).

В таких случаях полученная величина t_d подчеркивается пунктиром (-----).

Первый – $B_1 = 0,95$, то есть, в 95 случаях из 100 получатся такие же результаты.

(Для $v_d = 8$, $t_{st}(B_1) = 2,3$).

В данном случае эмпирический критерий подчеркивается одной чертой (_____).

Второй - $B_2 = 0,99$ - в 99 случаев из 100.

(Для $v_d = 8$, $t_{st}(B_2) = 3,4$).

Полученная' величина t_d подчеркивается двумя чертами (_____).

Третий - $B_3 = 0,999$ - в 999 случаев из 1000 будут такие же результаты, как в опыте.

(Для $v_d = 8$, $t_{st}(B_3) = 5,0$).

Эмпирический критерий в таких случаях подчеркивается тремя чертами ($\equiv$).

После проведения расчетов, допустим, получили значение $t_d=3,0$, для $v_d=8$. Это значит, что разница статистически достоверна по первому порогу достоверности.

Чем больше t_d для того же v , тем выше порог достоверности и тем больше надежность повторения результатов, полученных в опыте.

Если $t_d < t_{st}$, то полученный критерий достоверности меньше стандартного значения и полученная разность недостоверна, то есть при повторении опытов не можем ожидать этих же результатов. Чтобы выяснить достоверность разности, необходимо повторить опыты на большем поголовье и заново вычислить t_d для нового v_d .

В случаях, когда разность статистически недостоверна (т.е. $t_d < t_{st}$), полученные величины подчеркиваются волнистой чертой (~~~~~).

Задание:

Пользуясь данными живой массы (г) суточных цыплят кросса «Сура-112» вычислить M , σ , C_v , m .

35,8	34,4	37,8	39,2	36,0	35,6	32,4	34,0	34,4	30,2
31,4	34,6	33,8	34,8	46,0	40,6	34,8	30,8	30,9	38,2
38,0	33,4	34,8	31,4	36,2	39,0	35,8	36,0	34,2	33,2
31,2	36,6	35,2	37,8	40,4	36,0	36,4	36,0	37,8	35,4
33,2	34,6	42,0	35,0	33,6	34,8	36,6	34,5	32,4	34,4
34,0	38,2	34,4	34,8	35,4	37,6	31,4	34,4	30,4	41,2
36,2	35,6	37,0	36,0	34,0	33,8	35,4	35,6	38,0	35,4
35,4	30,2	35,4	33,4	34,2	37,8	36,6	34,8	36,6	34,8
38,2	37,2	37,0	38,4	35,6	36,2	33,6	32,2	35,6	36,2
36,4	34,4	35,0	35,8	40,6	38,4	34,0	34,8	35,8	40,2
36,6	33,0	33,6	34,0	39,0	35,6	34,4	38,6	34,2	36,2
33,8	38,4	34,0	32,6	36,0	35,4	35,6	37,0	35,6	36,8
35,8	33,6	37,0	35,4	34,8	39,8	34,8	34,4	33,0	37,8
36,2	37,0	33,4	36,4	37,6	34,4	32,2	37,0	35,4	39,8
35,2	35,4	35,2	37,0	33,8	37,6	34,8	34,0	34,8	32,0
36,0	33,8	36,6	34,0	37,8	33,8	38,6	30,8	35,6	33,6
35,4	34,8	32,0	34,2	36,2	38,0	37,0	36,0	34,4	36,4
33,6	32,2	33,8	37,2	38,4	37,0	34,4	36,0	36,4	35,2
					34,8	37,0	34,5	41,2	37,0
36,5	37,6	32,4	40,4	36,6	34,2	36,5	37,6	32,4	40,4
32,8	36,4	33,8	35,2	38,0	32,4	32,8	36,4	33,8	35,2
37,0	38,4	36,0	34,4	36,0	35,8	37,0	38,4	36,0	34,4
33,6	32,8	40,6	32,8	33,2	32,0	33,6	32,8	40,6	32,8
34,6	39,8	34,0	34,2	35,2	33,8	34,6	39,8	34,0	34,2
34,8	38,4	40,4	36,0	36,8	33,4	34,8	38,4	40,4	36,0
32,4	34,4	34,2	32,6	35,8	36,8	32,4	34,4	34,2	32,6
34,8	31,4	35,0	32,4	38,8	30,2	34,8	31,4	35,0	32,4
38,2	34,6	36,8	32,6	34,6	39,2	38,2	34,6	36,8	32,6
33,0	36,8	39,2	36,8	37,4	37,4	33,0	36,8	39,2	36,8
37,0	38,4	34,0	35,5	32,0	33,8	37,0	38,4	34,0	35,5
33,8	35,0	39,0	40,4	37,4	33,4	33,8	35,0	39,0	40,4
34,8	34,6	37,6	39,0	36,8	33,8	34,8	34,6	37,6	39,0
38,0	38,2	33,0	36,2	36,6	35,6	38,0	38,2	33,0	36,2
39,8	36,4	32,6	36,4	33,6	38,6	39,8	36,4	32,6	36,4
33,0	33,2	35,8	33,8	38,2	36,8	33,0	33,2	35,8	33,8
34,8	34,2	30,4	38,2	35,8	37,4	34,8	34,2	30,4	38,2
41,6	42,8	35,4	38,0	37,4	37,6	41,6	42,8	35,4	38,0

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 8

Молекулярные основы наследственности

В хромосомах содержится главным образом дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), которая и является основным носителем генетической информации. Молекула ДНК состоит из нуклеотидов. В ее состав входит остаток фосфорной кислоты, дезоксирибоза и четыре азотистых основания: аденин (А), гуанин (Г), тимин (Т) и цитозин (Ц). Молекула ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепей, скрученных между собой в виде спирали, причем всегда если в одной цепи А, то в другой, напротив него находится Т, напротив Г всегда Ц и наоборот, напротив Т – А, напротив Ц – Г. Благодаря последовательности расположения пар азотистых оснований каждая молекула ДНК отличается уникальными особенностями. При раздвоении нитей ДНК каждая нить строит по принципу комплиментарности подобную себе цепь. Благодаря этому реализуется постоянство в передаче наследственной информации при делении клеток и при размножении организмов. Редупликация молекулы ДНК происходит в интерфазе.

Задание 1. Построить модель ДНК, предложенную Уотсоном и Криком.

Задание 2. Участок молекулы ДНК имеет следующую структуру:

А-Т
А-Т
Г-Ц
Ц-Г
Т-А
Ц-Г

Построить дочерние нити и сравнивать их с исходной материнской.

Задание 3. Участок одной цепи молекулы ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов:

ААГТАТАЦЦАГГАТЦТТТАЦТААЦГГТАЦЦАТГАТЦГАТ

Построить вторую полинуклеотидную цепь этой молекулы.

Задание 4. Зная последовательность нуклеотидов в одной цепочке ДНК, построить вторую цепочку:

ГГАТЦАТАГГЦАГАГТЦЦГАТАТЦ

Гены отличаются друг от друга последовательностью нуклеотидов, в которой заключена генетическая информация о первичной структуре белков.

Синтез белка осуществляется не прямо с нити ДНК, а при помощи информационной РНК (и-РНК). Информационная РНК снимает копию с матричной ДНК, то есть происходит транскрипция очередности азотистых оснований гена. Поступая на рибосомы в цитоплазме клетки и-РНК становится матрицей для синтеза белка. Информация передается с помощью кодонов (кодона состоят из триплетов азотистых оснований). Необходимо помнить, что в РНК вместо тимина (Т) другое азотистое основание – урацил (У).

Задание 5. Записать и-РНК со следующих матричных цепей молекул ДНК:

ГТАЦАГАААТГЦГАГТААГЦГГГЦАГ

ГГГТТАГТЦЦТЦЦАГГГЦАЦАГТАГЦА

АГЦГГАТАГГЦААЦАТТААААГГАТГЦ

Задание 6. Зарисовать схему синтеза белка в клетке.

Задание 7. пользуясь генетическим кодом, расшифруйте в какой очередности будут синтезироваться аминокислоты на следующих участках и-РНК.

УГГЦГАААУАЦАЦГЦЦУУ

ГАГУУЦАГГУАААГУУУУГАГГЦЦ

ААААЦЦГЦЦУУУЦАУАГГ

ААГУУЦГАУУГААЦЦАГГАГЦУУЦ

ГГЦГАЦУЦЦГУЦГАЦУАА

ГУЦААУУГААУЦЦУААГГГАУУАГ

Какие белки получатся, если выпадает или прибавится какое-то основание в одной из цепей?

Задание 8. В полипептидном участке цепи β-инсулина входят следующие аминокислоты: фенилаланин – валин – аспарагиновая кислота – глютамин – гистидин – лейцин – цистеин – серин – гистидин.

При помощи генетического кода составить структуру и-РНК. Определить очередность нуклеотидов в молекуле ДНК.

Задание 9. Построить схемы трансформации и трансдукции у микроорганизмов и объяснить их.

Таблица 2

*Генетический код биосинтеза белка
(код Ниренберга – Кораны)*

Первый нуклеотид кодона РНК	Второй нуклеотид кодона РНК				Третий нуклеотид кодона РНК
	У	Ц	А	Г	
У	УУУ фенилаланин УУЦ УУА лейцин УУГ	УЦУ серин УЦЦ УЦА пролин УЦГ	УАУ тирозин УАЦ УАА стопкодон УДГ стопкодон	УГУ цистеин УГЦ УГА стопкодон УГГ триптофан	У Ц А Г
Ц	ЦУУ лейцин ЦУЦ ЦУА ЦУГ	ЦЦУ пролин ЦЦЦ ЦЦА ЦЦГ	ЦАУ гистидин ЦАЦ ЦАА глутамин ЦАГ	ЦГУ ЦГЦ аргинин ЦГА ЦГГ	У Ц А Г
А	АУУ изолейцин АУЦ АУА АУГ метионин	АЦУ треонин АЦЦ АЦА АЦГ	ААУ аспарагин ААЦ ААА лизин ААГ	АГУ серин АГЦ АГА аргинин АГГ	У Ц А Г
Г	ГУУ валин ГУЦ ГУА ГУГ	ГЦУ аланин ГЦЦ ГЦА ГЦГ	ГАУ аспаргиновая кислота ГАЦ ГАА глутаминовая кислота ГАГ	ГГУ ГГЦ глицин ГГА ГГГ	У Ц А Г

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 9

Генетика популяций

Закон Харди-Вайнберга гласит, что при наличии альтернативных форм гена (А и а) в популяции при одинаковой жизнеспособности разных генотипов частоты генов из поколения в поколение будут постоянны. Соотношение генотипов определяется по формуле:

$$p^2(AA) + 2pq(Aa) + q^2(aa) = 1. \quad (27)$$

Например, в популяции 500 животных, частота гена А составляет 0,8 а гена а – 0,2. Теоретическое соотношение генотипов согласно закону Харди-Вайнберга составит:

$$(0,8)^2 \cdot 500 + 2 \cdot 0,8 \cdot 0,2 \cdot 500 + (0,2)^2 \cdot 500 = 320AA + 160Aa + 20aa$$

Задание 1. В результате проведенного отбора в данном стаде в следующем поколении частота гена А составляет 0,9, а гена а – 0,1. Вычислить генетическую структуру новой популяции.

Зная частоты рецессивных генов, вызывающих те или аномалии или болезни, можно рассчитать количество гетерозиготных носителей аномалий. Например, в стаде из 500 голов выявлено 2 альбиноса, т.е. частота генотипа $aa(q)^2$ составляет $2/500=0,004$. Частота гена $q(a)=\sqrt{0,004}=0,06$, а частота гена $p(A)=1-0,06=0,94$.

Теоретическое распределение генотипов составит:

$$0,94^2 \cdot 500(AA) + 2 \cdot 0,94 \cdot 0,06 \cdot 500(Aa) + 0,06^2 \cdot 500(aa) = 441,8AA + 56,4Aa + 1,8aa$$

Таким образом, гетерозиготных особей по изученному гену в данной популяции около 56 голов.

Задание 2. Частоты аллелей А и а в популяции из 900 голов составляют соответственно 0,65 и 0,35. Определить количество гомозигот и гетерозигот в этом стаде.

Задание 3. В стаде КРС из 600 коров 450 комолые и 150 рогатые. Вычислить частоты аллелей Р и р, а также количество гомозиготных и гетерозиготных животных.

Задание 4. Черная масть у КРС доминирует над красной. Из имеющихся 1000 голов 840 – черные и 160 – красные. Вычислить частоты аллелей N и n и соотношение генотипов в данной популяции.

Задание 5. В двух равных популяциях неодинаковые частоты аллеля а: в одной составляет 0,2, а в другой – 0,9. В какой популяции больше гетерозигот?

Задание 6. При разведении «голубых» андалузских кур было получено потомство 3 окрасок – 1835 черных (AA), 5875 «голубых» (Aa) и 2120 белых (aa). Вычислить частоты аллелей А и а.

Задание 7. Гетерозиготные животные породы шортгорн (Rr) имеют чалую масть, а генотипы RR – красную и rr – белую. В стаде имеются 383 красных, 276 чалых и 158 белых коров. Вычислить частоты аллелей R и r. Определить соответствия данного соотношения теоретическому ожидаемому.

Задание 8. В стаде КРС (n=293) выявлены 3 типа гемоглобина: AA- 277 голов, AB – 15 голов и BB – 1 голова. Вычислить частоты аллелей A и B и определить состояние генетического равновесия исследуемой популяции.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 10

Иммуногенетика

Группы крови

Иммуногенетический анализ групп крови основывается на реакциях, возникающих между антигенами и антителами, и проявляется в виде агглютинации.

Группы крови наследуются и имеют кодоминантный характер наследования. Поэтому зная группы крови родителей, можно проверить, действительно ли записанное потомство происходит от этих родителей или нет, то есть можно проверить достоверность происхождения животных.

Задание 1. Какие группы крови будут иметь телята от следующих родителей:

1). ♀ BO₁/O₁T₁G'K'. ♂ BGE₂'C'O'/T₁B'P';

2). ♀ BGE₂'C'O'/GA'E₂'. ♂ O₁J'Q'/O₃QA₂'E₁'F'J₂'.

Задание 2. В стаде использовались 2 производителя:

I – Мороз №325, имеющий группу крови BGKE₁'F'G'O'/O₁TE₃F'K', и

II – Донец №3886, имеющий группу крови O₃QA₂'E₁'F'J₂'/G'J₁.

В родословной теленка, полученного в этом стаде, записано, что он происходит от быка Донец №3886 и коровы Арфа № 2754 (группа крови BO₁T₁E₂/O').

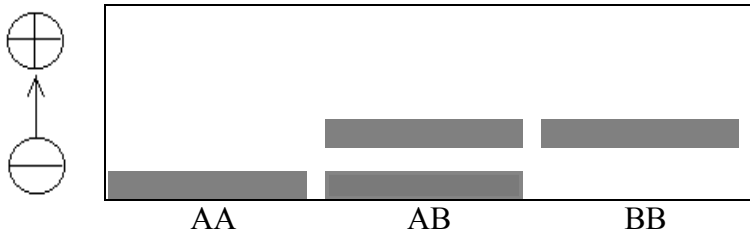
При определении группы крови у потомка нашли группу $BO_1T_1E_2/O_1TE_3'F'K'$. Правильно ли записано происхождение?

Полиморфизм белков

Полиморфизм – это присутствие в популяции разных форм, обусловленных генотипической изменчивостью. Полиморфизм белков крови и молока определяется при помощи электрофореза. В крахмальном или акриламидном геле заносят исследуемые пробы и подключают к электрическому полю. В электрическом поле разные фракции белков в зависимости от размера молекул и электрического заряда перемещаются с разной скоростью от катода (-) к аноду (+), белки имеют отрицательный заряд.

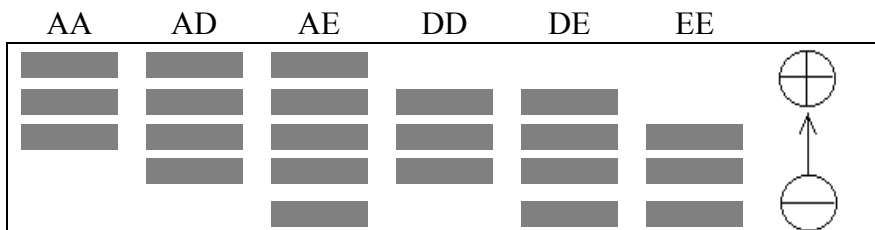
В зависимости от зон, которые занимают эти фракции, и определяют, какие типы белка имеет данная особь.

Типы гемоглобина у КРС расшифровываются по следующей схеме:



Другая, наиболее изученная полиморфная система – это трансферины, выполняющие роль переносчика железа в организме. Главным образом они содержатся в сыворотке крови, поэтому после разгонки в электрическом поле фореграмму необходимо окрашивать и промывать в промывной жидкости. На фореграмме хорошо видны зоны, занимаемые тем или иным типом трансферинов.

Типы трансферинов расшифровывают по схеме:



Задание 3. Определить какие типы гемоглобина будут иметь потомки от следующих родителей:

Типы спариваний	Гаметы		Возможные генотипы потомков
	♀	♂	
♀AA x ♂AA			
♀BB x ♂BB			
♀AA x ♂BB			
♀AA x ♂AB			
♀AB x ♂AB			
♀AB x ♂BB			
♀BB x ♂AA			
♀BB x ♂AB			

Задание 4. Определить, какие типы трансферринов будут иметь потомки следующих родителей:

Типы спариваний	Гаметы		Возможные генотипы потомков
	♀	♂	
♀AA x ♂AA			
♀AA x ♂DD			
♀AA x ♂EE			
♀AA x ♂AD			
♀AA x ♂DE			
♀DD x ♂EE			
♀AD x ♂AD			
♀AD x ♂AE			
♀AD x ♂DD			
♀AD x ♂EE			
♀EE x ♂AE			
♀DE x ♂DE			
♀AE x ♂DE			
♀EE x ♂AD			
♀EE x ♂EE			

Для вычисления частот генов двухаллельных систем пользуются следующими формулами:

$$p(A)=\frac{2AA+AB}{2n}; q(B)=\frac{2BB+AB}{2n} \quad (28)$$

Для трехаллельных систем – соответственно:

$$p(A)=\frac{2AA+AD+AE}{2n}; q(D)=\frac{2DD+AD+DE}{2n};$$

$$z(E)=\frac{2EE+AE+DE}{2n};$$

Теоретически ожидаемое количество генотипов определяется по формулам:

генотипы AA=np²

генотипы BB=nq²

генотипы AB=n2pq

Задание 5. Вычислить частоты генов и теоретически ожидаемое количество генотипов в разных группах животных. Сделать выводы о генетической структуре популяций.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

Генетические болезни сельскохозяйственных животных Иридопатология

Иридопатология или генетическая патология – это отдел генетики в котором изучают генетически обусловленные заболевания с наследственной предрасположенностью, а также аспекты генетической резистентности организма к различным заболеваниям.

В появлении заболевания участвуют в разных степенях 2 различные категории: факторы генетические и экологические. В зависимости от доли и роли генетических факторов возникновения заболевания, болезни могут быть квалифицированы на 4 категории:

1. Генетически обусловленные или чисто генетические - эти болезни обусловлены действием обычного 1 гена (моногенные иридопатологии) или хромосомные аномалии (хромосомные иридопатологии). К этой группе болезней относят гемофилия А, гемофилия В, нарушение метаболизма пигментов (альбинизм, влияние среды над появлением и эволюции данной болезни или полностью отсутствие). К генетическим относятся и анаплазия типа синдром Клайнфельтера или хромосомные аномалии.

2. Болезни обусловленные действием нескольких генов (полигенные, полифакториальные) – эти болезни обусловлены действием многих генов независимо друг от друга и каждый ген имеет свою долю участия, участвует относительно множество генов, отсюда и вытекает большая изменчивость и проявление заболевания, а также вариабельность (изменчивость) при передаче потомству этих аномалий в сравнении с генетическими (иридопатологии). Чем больше генов участвует, тем сложнее модель передачи заболевания потомкам, тем сложнее уточнении генетической природы этих болезней. Например мускульная гипертрофия, тазобедренная дисплазия у собаки.

3. Болезни с наследственной предрасположенностью (наследственно средовые) болезни с посредственной предрасположенностью возникают под воздействием факторов среды и наследственности (бруцеллез, мастит и т.д.).

В этой группе болезней трудно установить доли участия генетических факторов и средовых.

Известно, что виды отличаются между собой по устойчивости и восприимчивости к тем или иным болезням. Например, лошади резистентны к ящуру и чуме крупного рогатого скота, крупный рогатый скот не болеет сапом и устойчивы к чуме свиней, куры резистентны к сибирской язве. Эти примеры доказывают генетическую природу самой резистентности.

Понятие резистентность – устойчивость организма к действию физических, химических и биологических агентов вызывающие патологическое состояние.

Восприимчивость – предрасположенность организма к действию физических, химических и биохимических факторов приводящих к патологическому состоянию. Устойчивость и

восприимчивость животных одного вида не абсолютна, а относительна, она может быть высокой, средней и низкой.

4. Болезни обусловлены экологическими факторами среды (переломы, порезы, отравления, фенокопии – не наследственные фенотипы). Изменения которые похожи на некоторые генетически обусловленные заболевания. Частоты генетических заболеваний недостаточно изучены у животных поэтому некоторые данные будут приведены из медицины, генетики человека. Известно более 2500 генетических заболеваний. Считают, что на 100 рождений – 5 – 15 детей имеют 1 генетическое заболевание или 5 % детей госпитализированы и 10 % госпитализированы по причине генетических заболеваний.

Хромосомные болезни встречаются с частотой 0,5 – 1 % среди новорожденных, это означает, что 1 ребенок на 200 детей.

Моногенные заболевания 1 – 1,1 % среди новорожденных более частые нарушения вызванные доминантными аутосомными генами 0,6 – 0,8 %. Аутосомные рецессивные – 0,1 – 0,3 %, а сцепленные с полом 0,1 %. Считают, что патологические нарушения обусловлены действием 1 гена примерно 2000 из которых 1000 аутосомные доминантные, примерно 800 рецессивные аутосомные, 150 рецессивные сцепленные с полом.

Полигенные и полиморфные составляют в патологии человека (раздел недостаточно изучен) 10 - 12 %. В отношении генетических аномалий человека метаболизма считают более 1500.

У сельскохозяйственных животных выявлено более 130 наследственных аномалий и заболеваний, имеющих генетическое происхождение.

Селекция на устранение из популяции наследственных аномалий и дефектов менее сложна, чем на повышение естественной резистентности, т.к. фенотипическое проявление аномалий или уродств выявляется при гомозиготном состоянии рецессивного гена, обуславливающего патологию. Такую патологию легко обнаружить в стаде по фенотипическому проявлению аномалий, которые отмечают в редких случаях. Для предотвращения дальнейшего распространения аномалий в поколениях проводят выбраковку животных, проявляющих уродство, или их родителей, через которых они передаются, в

результате чего популяция очищается от носителей генетической патологии.

У крупного рогатого скота выявлены следующие аномалии: доминантные – ахондроплазия (бульдоговидные телята); рецессивные – бесшерстность телят (летальный исход), отсутствие конечностей, укорочение позвоночника (мёртворождение), общая водянка, анкилоз сустава, смещение зубов (летальный исход), атрезия (отсутствие ануса), мозговая грыжа, укорочение или отсутствие нижней челюсти, гидроцефалия, врожденные судороги (летальный исход), удлинение срока стельности на 20-90 дней (мёртворождение) и на 80-100 дней (извлечение плода хирургически путем), дисфункция щитовидной железы (гибель через 2 недели после рождения), гиперемия кожи и слизистых оболочек, выкидыши и др.

У свиней выявлены рецессивные (мозговая грыжа, отсутствие ануса, недоразвитие ушных раковин, уродство или паралич конечностей, водянка мозга, микседема, выпадение прямой кишки, гемофилия) и доминантные аномалии (порфирия – красно – коричневая окраска костей и зубов, желтуха новорожденных).

У овец зарегистрированы аномалии, обусловлены рецессивным действием генов: мышечная контрактура и мёртворожденность, недоразвитость ушной раковины, паралич задних конечностей, деформация скелета, грыжи, отсутствие фаланг, летальная серая окраска шерсти у каракульских овец, карликовость, патологическая светочувствительность, мышечная дистрофия, приводящая к гибели вскоре после рождения отсутствие нижней челюсти и непроходимость пищевода,, отсутствие ануса.

У лошадей рецессивные аномалии выражаются в виде непроходимости ободочной кишки; дефектов эпителия кожи; искривления грудных конечностей; мозжечковой атаксии (опрокидывание на спину, паралич и гибель на 5-6 – й день); отсутствия глазного яблока, грудных конечностей; пупочной грыжи; искривления шеи.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

Генетическая устойчивость и восприимчивость к вирусным и бактериальным инфекциям

Генетическая устойчивость к болезни «Скрепи»

Вирусное заболевание «Скрепи» известно еще в 17 в. Заключается эта болезнь в поражении центральной нервной системы, в результате которого у овец появляется и постепенно усиливается кожный зуд, утомляемость, наблюдаются нарушения координации в движении и шатание, сильная дрожь, утеря инстинкта стадности, иногда слепота. Как правило, заболевшее животное погибает. Заболевают «Скрепи» овцы и бараны преимущественно в возрасте 2,5 – 3,5 лет. Среди молодых овец заболевание встречается очень редко, а у животных 5,5 лет – только у отдельных маток.

Долгое время природа таинственного инфекционного начала болезни «Скрепи» оставалась неизвестной и выяснилось лишь тогда, когда для ее изучения были использованы генетические методы. Оказалось, что овцы, болеющие «Скрепи», несут в гомозиготном состоянии рецессивный ген *s*, т.е. им свойственен генотип *ss*. Из потомства, полученного в результате спаривания между собой заболевших в дальнейшем баранов и овец, до 4,5 летнего возраста «Скрепи» было поражено 93,9 % особей при теоретическом ожидании 90,0 % их поголовья. Когда здорового, но давшего несколько пораженных этой болезнью потомков барана с генотипом, следовательно, *Ss* спаривали с заболевшими в последствии гомозиготным (*ss*) овцами, то «Скрепи» обнаруживалось у 50 % потомков, что согласуется с расщеплением 1:1, характерным для скрещивания особей *Ss* и *ss*. При спаривании заболевшего впоследствии производителя с матками здоровыми, но произошедшими от одного из родителей, также поразившегося «Скрепи», т.е. с генотипом *Ss*, было получено 36,6 % заболевшего потомства. В потомстве вполне здоровых, но произошедших от одного из заболевших родителей баранов и маток, т.е. при спариваниях типа *Ss* x *Ss*, болезнью «Скрепи» поражалось 16,6 % животных. Когда же оба родителя и все их предки были здоровыми

и не давали больного приплода, т.е. имели генотип Ss, заболевания среди их потомков не наблюдалось. Овцы с генотипом ss являются носителями инфекционного начала: они сочетают вирусоносительство с геном, входящим в их генотип. Как считает Г.Б. Парри (он изучал это заболевание) «Скрепи» входит в особую категорию наследственных заболеваний, при которых физиологическое действие гена осуществляется с помощью особой частицы, наделенной свойствами саморазмножения и патогенности.

Почему же данное заболевание встречается так часто? Дело в том, что гену «Скрепи» либо присуще плеiotропное действие, либо он тесно сцеплен с группой других генов, влияющих на развитие определенных признаков. Гомозиготные по этому гену овцы и бараны выделяются хорошим экстерьером, лучшей способностью к откорму с высоким весом, т.е. оказываются очень ценными: на выставках они получают высокую оценку, вследствие чего в большей степени используются на племя. Следовательно, путем выбраковки потомства заболевших животных и овец – родителей заболевших, т.е. с генотипами Ss и ss, можно в значительной степени очистить породы от такого летального заболевания.

Наследственная устойчивость и восприимчивость к лейкозам

У крупного рогатого скота неустойчивость к заболеванию лейкозом носит наследственный характер, так как заболевание это встречается преимущественно среди родственников между собой животных. В частности А.С. Емельянов с сотрудниками изучая происхождение заболевших лейкозом черно – пеструю породу коров стада Вологодской области сельскохозяйственной опытной станции, установили, что все они являются дочерями, внуками и правнучками одного быка Прибоя и его сына Таинственного.

На основании соответствующего анализа авторы пришли к выводу о доминантном характере устойчивости к лейкозу: заболевшие лейкозом коровы несут его рецессивный аллель в гомозиготном состоянии. Однако их исследование не решало

вопроса о путях проникновения вируса лейкоза в организм животного.

По исследованиям О.А. Ивановой, основанным на изучении происхождения более чем тысячи заболевших лейкозом коров и быков – производителей красных пород, все они оказались родственными между собой и восходили через большой ряд поколений к одной и той же корове. Здоровые быки производители подразделялись на три группы: одни оставляли более 30 % больных дочерей, вторые – 20-23 %, а быки третьей группы – лишь единичных больных дочерей, происходивших по матери от быков первых двух групп. Было предложено, что в основе этого заболевания лежит провирус, ДНК которого включалось в геном крупного рогатого скота, как и в случае описанного выше заболевания «Скрепи» у овец, почему все больные животные, получив его от общего всем предка, родственны между собой. Кроме того, в генотипе крупного рогатого скота содержится доминантный ген – репрессор R, влияющий на активность провируса, и его рецессивный аллель r; при наличии последнего в гомозиготе провирус становится активным, и животное заболевает, т.е. оно как бы предрасположено к этому заболеванию, что отмечено в исследованиях А.С. Емельянова. Заболевают животные генотипа V...r (V - провирус), частично VVRr. Изучение потомства 46 быков – производителей красных пород, полученного в результате 2284 спариваний, показало дигибридный характер наследования заболевания лейкозом, подтверждающие приведенную выше гипотезу. Быки оставившие более 30 % дочерей больных, гомозиготны по провирусу, оставившие 20-23 % таких дочерей – гетерозиготны, а единичных больных дочерей – его не имеют.

Подобно «Скрепи», распространение лейкоза связано с автоматической селекцией на вирусоносительство, вызванной, по – видимому, селекцией по жирномолочности, т.к. быки, передающие провирус, повышали содержание жира в молоке дочерей, и их сыновьям отдавалось предпочтение, перед менее жирномолочным потомством здоровых быков.

Генетическая устойчивость к бактериальным заболеваниям

Ряд авторов в разных странах изучали устойчивость крупного рогатого скота к инфекционному маститу: они отбирали коров по степени инфицированности вымени, устанавливаемой по количеству лейкоцитов в молоке. Среди дочерей коров, не инфицированных в течении ряда лет, оказалось значительно больше неинфицированных животных, чем среди дочерей коров, восприимчивых к маститу.

В результате десятилетних исследований стада Университета в Пенсильвании Рейд пришел к выводу о том, что главным фактором, определяющим частоту случаев мастита, является наследственность. Так, среди 18 дочерей одного быка мастит был у 55 % животных, а среди дочерей других быков – лишь у 14 %.

От наследственности в значительной мере зависит также устойчивость человека и лабораторных животных к туберкулезу. К аналогичным выводам приходят и в отношении крупного рогатого скота.

Встречаются породы скота, представители которых очень редко болеют туберкулезом, например животные бестужевской породы. Характерно, что при массовом обследовании всего племенного массива бестужевского скота туберкулезные животные были только в одном хозяйстве, причем все они были получены с участием представителей другой породы – вестельмарш, восприимчивой к туберкулезу.

С другой стороны, известны породы, весьма восприимчивые к этому заболеванию, например, черно – пестрая. Однако отмечены факты, когда быки – производители, находившиеся в тесном контакте с коровами даже с открытыми формами туберкулеза, оставались здоровыми и давали от туберкулезных коров здоровый приплод, не заболевший туберкулезом.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3

Методы профилактики распространения генетических аномалий в популяциях животных

Профилактика генетических заболеваний

Генетическая профилактика животных – представляет собой сумму всех мероприятий принятых для снижения и исключения генетических заболеваний в стаде животных с которыми работают. Различают общую генетическую профилактику и специфическую.

Общая включает те меры которые должны быть приняты даже если в стаде не выявлено ни одного генетического заболевания. Меры общей профилактики в принципе относятся к устранению загрязняющих факторов среды и проверке самцов которые используются при искусственном осеменении.

Нужно снижать повседневно мутагенные факторы. Из них самые важные это химические вещества из группы пестицидов и некоторые медикаменты которые используют больше чем необходимо при лечении (антибиотиками).

Частная профилактика для реализации специальной профилактики.

Необходимо установить диагноз генетического заболевания после чего переходят к выявлению производителей носителей не желательных генов.

Диагноз генетических заболеваний основано на следующих анализах:

1. Клинические и морфопатологические исследования.
2. Иммуногенетический и биохимический анализы.
3. Цитологические исследования (изучение хромосом).
4. Изучение и анализ родословных связей.
5. Использование молекулярных методов диагностики.

Поскольку генетические заболевания делятся на генные и хромосомные, то при их диагностике используют разные методы. При диагностике хромосомных аномалий используют в основном 3 основных элемента:

1) Цитогенетический – диагностирование для выявления хромосомных аномалий.

2) Диагностика нарушений ассоциированных с данной аномалией синдрома Тернера.

3) Выявление механизма появления аномалий.

Важно установить если болезнь наследована или не наследована.

При диагностике генных заболеваний используют 2 основных элемента:

1. Классический метод – клиническое обследование.

2. Выявление механизма передачи заболевания путем изучения родословных связей и анализа расщепления.

Профилактика хромосомных аномалий (заболеваний)

Хромосомные заболевания обусловленные числовыми и структурными аномалиями. Хромосомы могут быть разделены на 2 категории: передаваемые и не передаваемые по наследству. Хромосомные болезни передаваемые и не обусловлены хромосомными аномалиями совместимые с жизнеспособностью. Из этой категории можно определить Робертсоновские транслокации, инверсии, дупликации. Важно чтобы эти болезни были выявлены и чтобы их распространение не давали возможность проявления. Например, в Швеции при использовании необследованных производителей распространение Робертсоновых транслокаций $1/29$ дошло до 15 %. В те годы было зарегистрированы большие экономические потери из-за зиготной смертности у самок носителей этой транслокации. Необходимо выявлять носителей этой хромосомной аномалии, а животных выбраковывать из стада.

Введение тестирования на наличие хромосомных аномалий привело к устранению носителей транслокаций Робертсона.

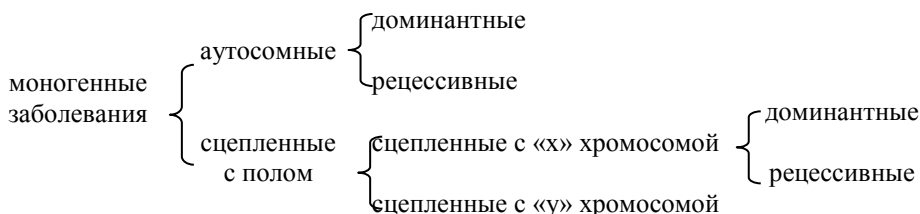
Тесты по тельцам Барра применяются каждый раз когда невозможен полный цикл кариотипа.

Цитологический анализ рекомендуется использовать при искусственном осеменении, в биотехнологии при трансплантации зигот, при нарушении репродуктивных функций, при нарушении

дифференциации и развитии репродуктивных органов, при разных аномалиях абортные субстраты и новорожденные не жизнеспособных. В некоторых нарушениях метаболизма и при подозрении контактирования с мутагенными факторами.

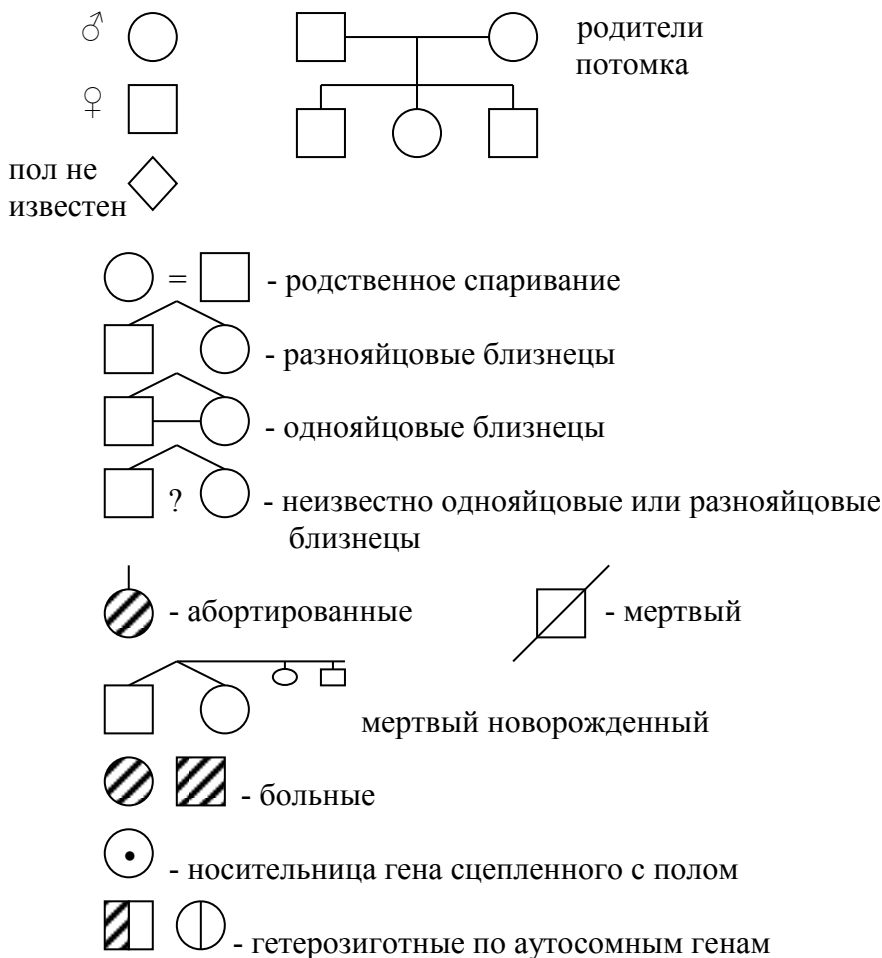
Профилактика чистых генных заболеваний

Моногенные заболевания вызывают мутации 1-го гена и передаются по наследству в соответствии с законом Менделя. Эти заболевания довольно редки на уровне индивидуума, но представляют интерес поскольку их много, в геноме млекопитающих от 50 тыс. до 100 тыс. генов. Каждый из этих генов может мутировать таким образом, что можно зарегистрировать от 5000 до 100000 моногенных заболеваний. Моногенные болезни представляют собой связанные с типом хромосом на которых ген локализован (аутосомная или половая хромосома) и от свойства данного гена доминантного или рецессивного. Поэтому моногенные болезни могут быть аутосомными или сцепленные с полом.



Анализ родословных в установлении наследования аномалий важную роль играют знания степени родства между больными и здоровыми животными как в одном поколении так и в следующих поколениях. Графическое изображение по определенным правилам родственных связей между особями называется родословной.

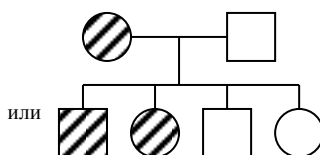
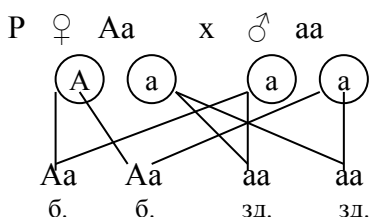
Обозначения применяемые в родословных



Особи одного поколения размещаются в одном ряду и обозначаются I, II, III, IV ряды родословной. Если анализы родословной не проведены компетентными лицами, результаты могут быть ошибочными, иногда фенотип могут принимать за генетические заболевания. Неполная пенетрантность, экспрессивность отдельных генов спонтанные мутации, особые способы передачи при сцеплении с полом могут служить источниками ошибки.

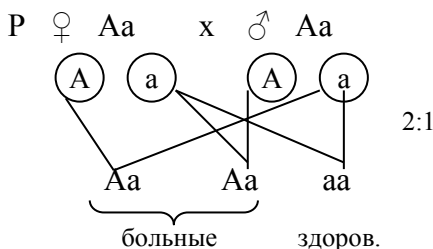
1) Аутосомные доминантные заболевания – если в популяции действует мутантный ген А, который обуславливает аномальный признак и рецессивный а, то в этой популяции будет 3 генотипа АА, Аа и аа. Индивидуумы с генами АА и Аа будут больны или будут представлять аномалии, а генотип аа – здоровыми. Анализируем все возможные скрещивания при таком типе наследования болезни:

а) если скрещивать гетерозиготного больного со здоровым (аа) в потомстве будут расщепления 50 здоровых, 50% больных.



Риск заболевания
в потомстве 50 %

б) скрещиваются гетерозиготные особи – должно быть 75 % больных и 25 % здоровых. Обычно мутанты доминантного гена в гомозиготном состоянии имеют летальный исход. Гомозигота АА не жизнеспособные, Аа – больные, расщепление будет 2:1.



в) Поскольку мутанты доминантного гена А в гомозиготном состоянии приводят к смерти носителей, то они не могут участвовать в скрещиваниях АА х АА или АА х Аа, Аа х аа.

г) в случае скрещивания между здоровыми особями гомозигот по аллелям аа (дикого типа), в потомстве будут получены только здоровые особи с генотипом аа.

Выводы:

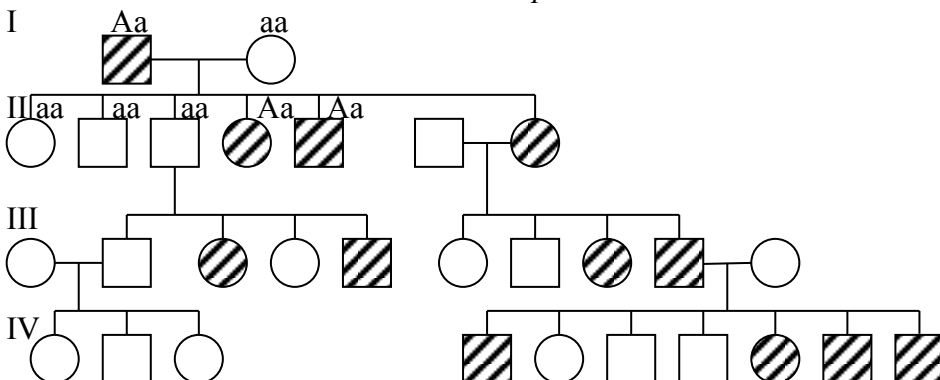
1) Аутосомные доминантные заболевания встречаются как у женских, так и у мужских особей в равной степени.

2) Особи с гомозиготами по доминантному гену AA не жизнеспособны в большинстве случаев только гетерозигота Aa больные, но жизнеспособны.

3) Поэтому доминантные аутосомные заболевания менее опасны с точки зрения симптомов, т.к. мутантный ген в гетерозиготном состоянии.

В некоторых родословных, в которых встречаются особи с аутосомным доминантным заболеванием (гетерозигота) передача заболевания может быть изучена в каждом поколении. Обычно аутосомные доминантные мутации имеют полную пенетрантность и передача патологического признака имеет вертикальный тип.

Полная пенетрантность

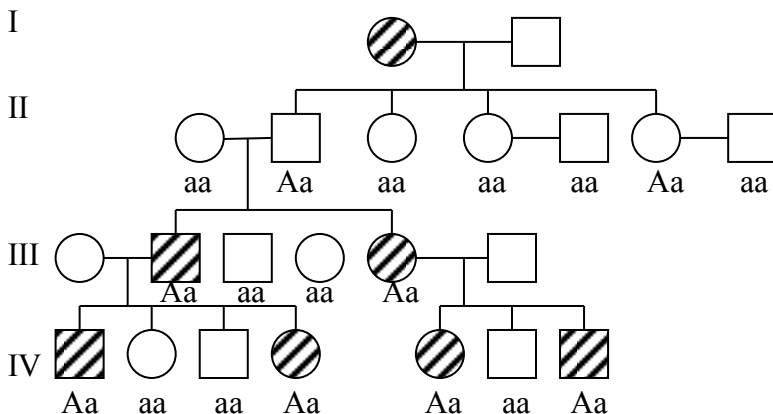


Родословная в которой прослеживается передача доминантного гена аутосомной болезни с полной пенетрантностью замечаем вертикальный тип передачи болезни в каждом поколении оба пола в равной степени могут иметь это заболевание.

4) В других случаях, когда мутантный доминантный ген имеет не полную пенетрантность (меньше 100 %), то фенотипический признак может не проявляться у некоторых потомков, хотя они в гетерозиготном состоянии имеют мутантный

ген А. В этом случае в родословной болезнь перепрыгивает через одно поколение, наблюдается обрыв передачи.

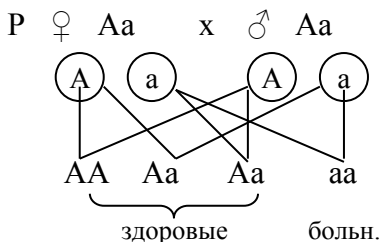
Таким образом можно выявить каким образом болезнь передается дальше через 1 поколение, перепрыгивает только доминантный ген.



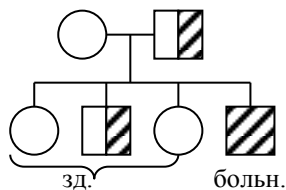
Профилактика наследственной генной болезни (аутосомной рецессивной)

В случае, когда в популяции действует мутантный рецессивный аутосомный ген a нормальный ген A доминантного дикого типа, то в популяции будут здоровые гомозиготные особи AA , здоровые гетерозиготные, но носители мутантного гена (Aa) и гомозиготы по рецессивному гену – больные (aa). Между носителями этих трех генотипов могут иметь место различные типы скрещиваний, по результатам которых можно выявить тип передачи мутантного рецессивного аутосомного гена и непосредственно рецессивного аутосомного заболевания.

а) Если скрещивание имеет место между двумя здоровыми особями по гетерозиготным генам (Aa) получим 25 % нормальных гомозигот (AA), 50 % нормальных гетерозигот (Aa) и 25 % больных гомозигот (aa).



по фенотипу



Отношение 3:1 доказывает, что 2 гетерозиготных родителей представляет риск в 25 %, рождения больного ребенка (т.е. гомозигот по рецессивному признаку).

б) при скрещивании гомозигот (aa) со здоровыми гетерозиготами (Aa) в потомстве 50 % будут больные и 50 % здоровые (как при доминантном так и при рецессивном гене).

в) при скрещивании гомозиготного рецессивного больного (aa) со здоровым гомозиготным (AA) все потомки будут здоровыми, но с гетерозиготным генотипом.

г) при скрещивании здоровых гетерозигот (Aa) со здоровыми гомозиготами (AA), все потомки будут здоровыми, но генотипически 50 % гомозигот.

д) при скрещивании двух гомозиготных рецессивных особей больных (aa), то все потомство будет больным.

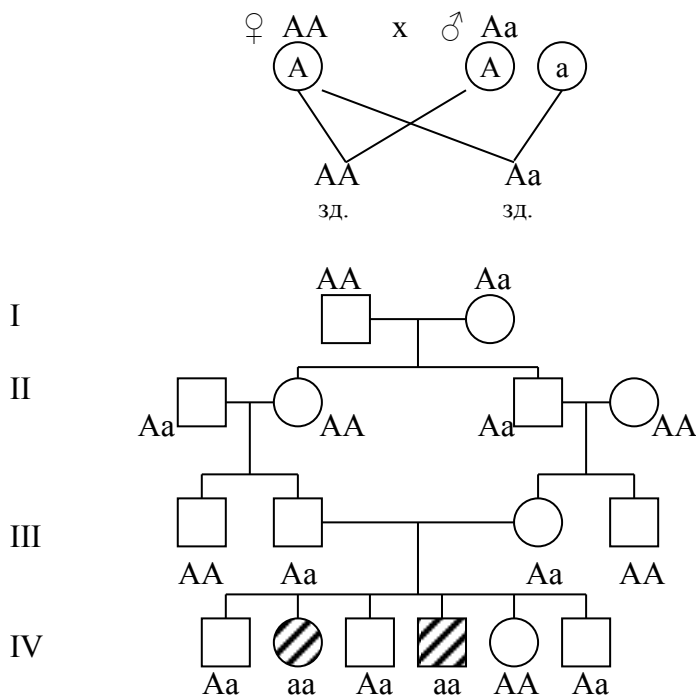
Выводы:

1. Рецессивные аутосомные заболевания затрагивают в равной степени женских и мужских особей.

2. Рецессивные аутосомные заболевания могут проявляться только если рецессивный мутантный ген представлен в 2-й дозе равной или большей гомозиготном состоянии.

3. Больные особи будучи гомозиготными рецессивными всегда будут иметь гетерозиготных родителей, но здоровых.

Чаще особи, которые находятся между собой в родстве имеют гетерозиготные генотипы, поэтому родственное разведение или инбридинг ведет к увеличению риска появления аутосомных рецессивных заболеваний.



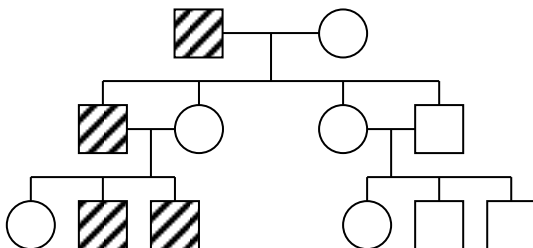
Рецессивные аутосомные заболевания имеют прерывистый характер передачи, хотя рецессивный аутосомный ген переходит от одного поколения к другому через гетерозиготных особей, а болезнь проявляется в одном поколении, т.е. в 1-ой группе братьев и сестер, поэтому передача рецессивной аутосомной болезни имеет горизонтальный тип, в отличие от доминантных аутосомных заболеваний с полной пенетрантностью.

Моногенные заболевания сцепленные с полом

Эти заболевания делятся на 2 группы: сцепленные с «У» хромосомой и с «Х» хромосомой:

- с «У» хромосомой – передача заболевания идет от отца к сыну. Через У – хромосому характерна мутация особей у млекопитающих. До сих пор у человека найдено только гипертрихоз ушей (вырастание волос на краю ушной раковины), ихтиоз (чешуйчатость кожи), псевдогипертрофическая мышечная

дистрофия (смерть в 10 – 20 лет), наличие мембран на нижних конечностях.

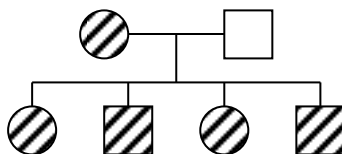
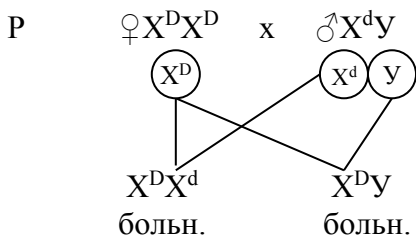


С «X» хромосомой связаны доминантные и рецессивные мутагенные гены.

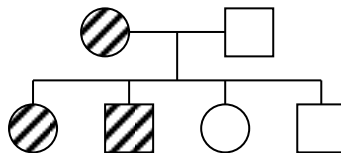
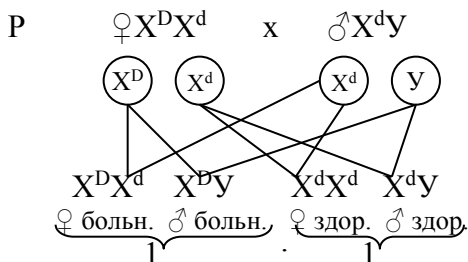
Особенности в передаче этих 2-х категорий связана как с гомозиготным состоянием пола XX, так и гетерозиготным состоянием XY у млекопитающих животных.

Мутантный доминантный ген сцеплен с полом будет затрагивать как гомозиготных самок, так и гетерозиготных самцов.

1) При скрещивании гомозиготной доминантной самки со здоровым самцом, то все потомки будут больные как самочки, так и самцы.



2) Если скрещиваются гетерозиготные самочка по мутантному доминантному гену сцепленным с X – хромосомой со здоровым самцом, расщепление между потомками будет по фенотипу 1:1, а между самочками и самцами тоже будет 1:1.



Выявление производителей носителей нежелательных рецессивных генов в гомозиготном состоянии aa осуществляется очень просто и они могут быть сразу выбракованы.

Главной проблемой является выявление производителей гетерозиготы Aa по нежелательному гену, у них нормальный фенотип, но рецессивный ген может хорошо распространяться в потомстве на протяжении нескольких поколений. С целью выявления гетерозиготных производителей, если нет возможности провести анализ ДНК, то можно провести несколько типов спаривания:

1) спаривание производителя подразумевающегося в гетерозиготности с рецессивной гомозиготной самкой.

2) Скрещивание производителя с известной гетерозиготной самкой.

3) Спаривание производителя с дочерью, сестрой.

Как важный фактор в селекции животных — это метод генетической профилактики — это тестирование как производителей так и самок.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение. Предмет и изучение генетики.....	3
<i>Лабораторное занятие 1-2. Цитологические основы наследственности. Организация живой материи.....</i>	<i>5</i>
<i>Лабораторное занятие 3. Наследование признаков при моногибридном скрещивании.....</i>	<i>17</i>
<i>Лабораторное занятие 4. Наследование признаков при дигибридном скрещивании.....</i>	<i>26</i>
<i>Лабораторное занятие 5. Взаимодействие неаллельных генов. Комплементарное действие генов.....</i>	<i>32</i>
<i>Лабораторное занятие 6. Наследование признаков, сцепленных с полом.....</i>	<i>38</i>
<i>Лабораторное занятие 7. Генетика количественных признаков. Биометрическая обработка данных сельскохозяйственных животных.....</i>	<i>44</i>
<i>Лабораторное занятие 8. Молекулярные основы наследственности</i>	<i>66</i>
<i>Лабораторное занятие 9. Генетика популяций.....</i>	<i>68</i>
<i>Лабораторное занятие 10. Иммуногенетика.....</i>	<i>70</i>
<i>Практическое занятие 1. Генетические болезни сельскохозяйственных животных. Иридопатология.....</i>	<i>73</i>
<i>Практическое занятие 2. Генетическая устойчивость и восприимчивость к вирусным и бактериальным инфекциям.....</i>	<i>77</i>
<i>Практическое занятие 3. Методы профилактики распространения генетических аномалий в популяциях животных.....</i>	<i>81</i>

Учебное издание

ВЕТЕРИНАРНАЯ ГЕНЕТИКА

Учебно – методическое пособие

Формат 60х90/16. Уч.-изд. л. 3,5