


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Якутская государственная сельскохозяйственная академия»
Агротехнологический факультет
Кафедра «Общая зоотехния»

Генетика и биометрия
Методические указания по самостоятельному изучению дисциплины и задания
для контрольной работы студентам очной и заочной формы обучения
по направлению подготовки 111100.62 – Зоотехния (бакалавриат)


УДК 636.082.12
ББК 45.31 + 28В641
Ф53

Методические рекомендации разработаны на основании федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования по направлению подготовки 111100.62 – Зоотехния (бакалавриат)

Составитель Филиппова Наталья Павловна, доцент кафедры общей зоотехнии, кандидат биологических наук.

Зав.кафедрой разработчика МУ  /Черноградская Н.М./
подпись фамилия, имя, отчество

Протокол заседания кафедры № 28 от « 12 » 05 2014 г.

Председатель методической комиссии факультета  /Уваровская Е.Е./
подпись фамилия, имя, отчество

Протокол заседания методической комиссии факультета № 9 от « 12 » 05 2014 г.

Декан агротехнологического факультета  /Черкашина А.Г./
подпись фамилия, имя, отчество

« » 2014 г.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с федеральными государственными стандартами высшего профессионального образования значительная часть материала дисциплины должна быть освоена студентами в ходе самоподготовки. В сессионный период по дисциплине читаются лекции, которые для студентов заочного образования носят установочный и обзорный характер и проводятся лабораторно-практические занятия. Для успешного овладения материалом, предусмотренным программой, самостоятельная систематическая работа студентов над учебной литературой имеет решающее значение. Методические рекомендации предназначены для студентов очной и заочной формы обучения, обучающихся по направлениям «Зоотехния», «Ветеринарная генетика».

Цели и задачи преподавания дисциплины:

Генетика по праву может считаться одной из самых важных областей биологии. На протяжении тысячелетий человек пользовался генетическими методами для улучшения домашних животных и возделываемых растений, не имея представления о механизмах, лежащих в основе этих методов. Судя по разным археологическим данным, уже 6000 лет назад люди понимали, что некоторые физические признаки могут передаваться от одного поколения другому. Отбирая определенные организмы из природных популяций и скрещивая их между собой, человек создавал улучшенные сорта растений и породы животных, обладавшие нужными ему свойствами.

Генетика – наука о наследственности и ее реализации в развитии, о закономерностях наследования генетически закрепленных признаков и их изменчивости. Как биологическая наука генетика важна для всех специалистов, имеющих дело с живыми организмами. Очень велико и практическое значение генетики, так как она служит теоретической основой селекции полезных микроорганизмов, культурных растений и домашних животных.

Основная цель в подготовке студента по дисциплине «Генетика» состоит в том, чтобы дать студентам теоретические и практические знания по общей генетике, цитогенетике, иммуногенетике, биометрии, популяционной генетике, генетике поведения животных и генетической инженерии. При этом основное направление в изучении материала должно опираться на данные генетики сельскохозяйственных животных.

Основными актуальными задачами и направлениями по генетике сельскохозяйственных животных являются: поиск высокой комбинационной способности линий и пород животных с целью получения гетерозисного потомства с повышенной продуктивностью и жизнеспособностью; разработка методов генетической оценки популяций и отдельных особей по потомству; разработка методов создания животных с высокой резистентностью к заболеваниям; получение трансгенных животных; гибридизация соматических клеток клонирование генотипов; создание химерных животных (генетических мозаиков); совершенствование существующих методик биотехнологии сельскохозяйственных животных.

Велико ее значение для зоотехнии – селекции, племенного дела, так как знание генетики и понимание закономерности наследственности позволяет правильно оценивать существующие способы совершенствования пород и линий животных, выбирать наиболее эффективные из них и разрабатывать новые.

Требования к уровню освоения дисциплины

После прохождения дисциплины студент должен знать основные закономерности наследственности и изменчивости применительно к запросам прикладной генетики сельскохозяйственных животных. Владеть методами генетического анализа: гибридологическим, генеалогическим, цитогенетическим, популяционным, биометрическим, методами биохимической генетики (иммуногенетики, генетического полиморфизма). Иметь представление об этапах развития и современном состоянии генетики, связи генетики с эволюционным учением, о мутациях в структуре генов, хромосом и генома, о генетике индивидуального развития и генетике популяций, о генетических основах иммунитета. Овладеть методами управления наследственностью и изменчивостью в процессе онтогенеза животных. Уметь выполнять задания по использованию методов и теоретических положений генетики для решения актуальных задач животноводства, самостоятельно планировать выполнение заданий, определять необходимые методы и приемы работы и анализа и уметь обобщать полученные результаты.

В межсессионный период студентам-заочникам необходимо используя рекомендованную литературу и учебно-методическое пособие, проработать все разделы генетики в соответствии с рабочей программой, а также выполнить одну контрольную работу. Контрольная работа должна быть представлена для проверки заблаговременно на кафедру, ведущую дисциплину. Контрольная работа выполняется рукописно, объемом 15-20 страниц или в печатном виде. Защита выполненной контрольной работы проводится путем устного собеседования, после предварительной ее оценки преподавателем, ведущим эту дисциплину. После успешной защиты контрольной работы студент допускается к сдаче экзамена.

Общие методические указания к выполнению контрольной работы.

Каждый студент заочного отделения выполняет вариант контрольной работы. Контрольная работа составлена в 10 вариантах. Каждый вариант состоит из двух разделов:

- **раздел 1** – теоретический вопрос (включает 16 тем, студенту необходимо ответить по своему варианту на один вопрос по каждой теме);

- **раздел 2** - практические задания (включает 4 темы, студенту необходимо решить задачу по своему варианту по каждой теме).

В третьем разделе даны тесты для самоподготовки студентов к итоговому контролю знаний (экзамен).

Студенту в контрольной работе следует в сжатой форме изложить основные положения темы, ответить на поставленные вопросы, решить задачи, сделать (при необходимости) схематические зарисовки с соответствующими пояснениями.

Курс генетики насыщен большим количеством генетических терминов. Для их усвоения необходимо выписать незнакомые генетические термины и дать им объяснения.

Для прочного освоения положений генетики студенту очень важно научиться самостоятельно решать различные типы задач по всем разделам курса.

Решение генетических задач вырабатывает генетическое мышление, создает целостное представление о законах и закономерностях наследственности и изменчивости, устанавливает связь между ними, раскрывает клеточные и молекулярные основы наследственности и изменчивости, устанавливает связь между ними, раскрывает клеточные и молекулярные основы наследственности и изменчивости, способствует усвоению генетической терминологии.

В конце работы должен быть приведен список использованной литературы, с указанием автора, названия, места и года издания.

Также в конце работы должны быть поставлены дата выполнения и подпись.

Вариант студент выбирает по последней цифре номера зачетной книжки.

| | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1 вариант | 2 вариант | 3 вариант | 4 вариант | 5 вариант |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 вариант | 7 вариант | 8 вариант | 9 вариант | 10 вариант |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

Работа, выполненная не по своему варианту, возвращается студенту без проверки и зачета.

Методические указания к изучению дисциплины

В учебном пособии по каждой теме выделены основные положения и даны рекомендации по их изучению, а также приведены вопросы для самопроверки.

Дисциплина «Генетика» включает следующие темы:

1. Предмет, методы генетики, достижения генетики и ее задачи.
2. Цитологические и молекулярные основы наследственности.
3. Закономерности наследования признаков.
4. Хромосомная теория наследственности
5. Генетика пола.
6. Основы иммуногенетики, биотехнологии и генетической инженерии.
7. Мутационная изменчивость.
8. Генетика популяции.
9. Генетика иммунитета, аномалии и болезней.
10. Генетико-математические методы анализа количественных и качественных признаков.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Петухов В.Л., Короткевич О.С., Стамбеков С.Ж., Жигачев А.И., Бакай А.В. Генетика. Учебник.-2-е изд., испр. и доп.-Новосибирск: СемГПИ, 2007.
2. Бакай А.В., Кочиш И.И., Скрипниченко Г.Г. Генетика. – М.: КолосС, 2006.
3. Жученко А.А., Гужов Ю.Л., Пухальский В.А. и др. Генетика. Учебное пособие для вузов: М.: КолосС, 2003.
4. Петухов В.Л., Жигачев А.И., Назарова Г.А. Ветеринарная генетика. – 2-е изд., перераб. И доп.- М.: Колос, 1996.
5. Сельскохозяйственная биотехнология: Учебник для вузов/Шевелуха В.С., Калашникова Е.А., Воронин Е.С., Ковалев В.М.; Под ред. В.С. Шевелухи – 2- изд., переработанное и дополненное. – М.: Высшая школа, 2003.

Дополнительная

1. Ларцева С.Х., Муксинов М.К. Практикум по генетике – М.: Агропромиздат, 1985.
2. Лакин Г.Ф. Биометрия – М.: Мир, 1987.
3. Меркурьева Е.К., Шангин – Березовский Г.Н. Генетика с основами биометрии – М.: Колос, 1983.
4. Лобашев М.Е., Ватти К.В. Генетика с основами селекции - М.: Просвещение, 1979.
5. Лобашев М.Е. Генетика. Л.; изд-во ЛГУ, 1971.
6. Хатт Ф.Б. Генетика животных – М.: Колос, 1969.
7. Иванова З.И. Генофонд антигенов крови крупного рогатого скота Якутии, Новосибирск, 1997.
8. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции. М.: Высшая школа, 1989

Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Предмет, методы генетики, достижения генетики и ее задачи.

Содержание темы

Предмет генетики. Генетика - одна из основополагающих наук современной биологии. Сущность явлений наследственности и изменчивости на молекулярном, субклеточном, клеточном, организменном, популяционном уровнях.

Основные виды наследственности: ядерная цитоплазматическая наследственность. Истинная, ложная и переходная наследственность. Виды изменчивости: онтогенетическая, модификационная, комбинативная и мутационная. Значение модификационной изменчивости для практики животноводства. Использование других видов изменчивости в селекционной работе. Коррелятивная изменчивость. Творческая роль человека в формировании наследственности и изменчивости организмов.

Методы генетики: гибридологический, генеалогический, фенотипический, популяционный, мутационный, рекомбинационный, биометрический анализ, методы биохимической генетики. Основные этапы развития генетики. Роль отечественных ученых в развитии генетики. Генетика как теоретическая основа селекции с.-х. животных.

Современное состояние и проблемы генетики в связи с актуальными проблемами человечества (пищевых ресурсов, роста народонаселения, здоровья человека, охраны окружающей среды и т.д.) Достижения современной генетики и пути ее дальнейшего развития.

Методические указания

В результате изучения раздела необходимо усвоить основные понятия генетики, этапы развития генетики, изучить методы генетики и знать их применение.

Теоретическая часть

Генетика - одна из важнейших наук современной биологии. Она изучает важные свойства живого - наследственность и изменчивость.

Наследственность - свойство живых организмов обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями, а также обуславливать специфический характер индивидуального развития в определенных условиях внешней среды. В настоящее время различают наследственность: ядерную, внеядерную (пластидную и цитоплазматическую и акариотическую (у прокариотов).

Наследственность всегда сопровождается изменчивостью. Наследственность и изменчивость неразрывно связаны между собой.

Изменчивость - это процесс возникновения различий между особями по ряду признаков (размеры, форма, химический состав и пр.) и функций. Изменчивость делят на ненаследственную (синонимы модификационная, фенотипическая) и наследственную (генотипическую). К наследственной изменчивости относятся мутационная изменчивость и комбинационная, возникающая при обмене генетической информацией.

Комбинационная изменчивость возникает при половом размножении от соединения двух наследственно различающихся половых клеток. При этом новых генов не возникает, но перекомбинация хромосом и генов образует новый генотип.

Мутационная изменчивость возникает при структурных изменениях самих генов или хромосом клеток организма под воздействием физических, химических или биологических мутагенных факторов. Наследственная изменчивость проявляется в разной степени выраженности признаков в определенных пределах. У бактерий имеются особые механизмы переноса хромосом и генов, которые вызывают генотипическую изменчивость, к ним относятся трансформация, трансдукция и конъюгация.

Трансформация - особый способ гибридизации у бактерий при котором происходит включение ДНК, характерной для одного штамма бактерий (донора) в клетки другого штамма (реципиента). Трансдукция - генетическая рекомбинация у бактерий на основе переноса генетической информации с помощью фага из бактериальной клетки одного генотипа в клетку с другим генотипом. Конъюгация - перенос генетического материала от одной бактериальной клетки (донора) к другой (реципиенту) при их непосредственном контакте.

Модификационная изменчивость характеризуется фенотипическими различиями, которые возникают под влиянием условий внешней среды.

Предел модификационной изменчивости признака, обусловленной генотипом, называется нормой реакции.

Явление наследственности и изменчивости присуще всему живому на Земле. Поэтому генетика в общей биологии занимает центральное место и тесно связана со всеми направлениями биологии.

Генетика служит теоретической научной базой селекции и семеноводства культурных растений, лесной селекции, домашних животных, микроорганизмов. В наши дни генетика, разбившись на множество комплексных направлений, будучи ключевой наукой биологии и при этом, находясь в тесной связи с жизнью и практикой, развивается исключительно глубоко и быстро.

Датой рождения генетики считается 1900 год - год переоткрытия Карлом Корренсом (Германия) и Эрихом Черманом (Австрия) и Гуго Де Фризом (Голландия) законов Менделя. С этого периода выделяют три этапа в развитии генетики. Первый этап охватывает период с 1900 по 1930 годы и называется этап классической генетики. В этот период созданы теория гена и хромосомная теория наследственности, разработано учение о генотипе и фенотипе, о взаимодействии генов, о генетических принципах индивидуального отбора в селекции, учение о мобилизации генетических ресурсов планеты для целей селекции. В 1903 году У. Сэттон указал на локализацию в хромосомах менделевских факторов наследственности. Август Вейсман (1834 - 1914) создал теорию, которая во многом предвосхитила хромосомную теорию наследственности. Он рисует близкую нашему современному пониманию схему строения хромосом, он первым доказал невозможность наследования признаков, приобретенных в онтогенезе и подчеркнул автономию зародышевых клеток, а также показал биологическое значение редукции числа хромосом в мейозе, как механизма поддержания постоянства диплоидного хромосомного набора вида и основы комбинативной изменчивости.

В 1901 году Гуго Де Фриз сформулировал мутационную теорию. Томас Гент Морган в 1910 году со своими учениками А. Стертевантом, К. Бриджесом и Г. Мёллером сформулировал представление о линейном расположении генов в хромосомах и создал первый вариант теории гена - элементарного носителя наследственной информации.

Проблема гена является центральной и в наше время. В 1920г. Николай Иванович Вавилов сформулировал закон гомологических рядов наследственной изменчивости, который связал воедино систематику и генетику. Н.И. Вавилов создал также теорию генетических центров культурных растений, которая облегчила поиск и интродукцию необходимых генотипов растений.

В этот же период выходят в свет работы Г. Нильсона-Эле по изучению закономерностей наследования количественных признаков, по изучению гетерозиса или гибридной мощности Э. Иста и Д. Джонса, по межвидовой гибридизации плодовых растений И.В. Мичурина. Интенсивно развивается частная генетика видов. В эпоху классической генетики происходит становление генетики и в России.

Второй этап развития генетики - этап неоклассицизма, который охватывает период с 1930 по 1953 годы. В эти годы был открыт экспериментальный мутагенез, обнаружено, что ген является сложной системой, обоснованы принципы генетики популяций и эволюционной генетики, создана биохимическая генетика, получены доказательства ведущей роли ДНК в наследственности. Так в 1925 году отечественные ученые Г.А. Надсон и Г.С. Филиппов вызвали индуцированный мутагенез, в результате облучения радием, у дрожжей. Позднее было показано мутагенное действие рентгеновских лучей, открыт химический мутагенез.

Используя метод химического мутагенеза советские ученые во главе с А.С. Серебровским показали сложную структуру гена. основополагающие работы по изучению генетических процессов в эволюции принадлежат советскому ученому С.С. Четверикову, английским генетиком Р. Фишеру и Дж. Холдейну и американскому генетику С. Райту. Исследования показали генетическую сущность процессов эволюции популяций и привели к заключению, что именно генетика способна вскрыть внутренние механизмы процессов эволюции. Дж. Бидл и Э.Тейтум заложили основы биохимической генетики. в 1944 году О. Эвери, К. Мак-Леод и М. Мак-Картти доказали роль нуклеиновых кислот в экспериментах по трансформации признаков у пневмококков. В 1865г. Ф. Мишером были открыты нуклеиновые кислоты, а в 1953 году Д.Д. Уотсон и Ф. Крик опубликовали структурную модель ДНК.

С этого момента начинается третий этап развития генетики - эпоха синтетической генетики. В этот период, стремительно развиваясь, генетика разбилась на множество комплексных направлений, она развивается исключительно глубоко и быстро. В настоящее время больших успехов достигла биотехнология и генетическая инженерия в получении соматических трансгенных гибридов, в создании первой карты генома человека, в клонировании животных, в создании трансгенных микроорганизмов, растений и животных. Успешно развивается генетика человека.

Биосфера Земли в настоящее время переживает серьезные изменения. Развитие цивилизации вызывает неконтролируемые изменения в биосфере. Эти изменения значительны, они влияют на наследственность человека и на популяционные системы животных, растений, микроорганизмов и вирусов.

Перед генетикой стоит задача оценить, какие генетические последствия могут наступить от влияния мутагенов среды на человека и другие формы жизни.

Генетика выявляет мутагенные факторы среды, реакцию популяций на давление мутагенных факторов, давление мутаций на генетику популяций человека, разрабатывает тест-системы, изучает динамику генетического груза в населении.

К основным методам генетики относятся гибридологический, математический, цитологический.

Гибридологический метод представляет собой специфический метод генетики, который заключается в гибридизации и последующем учете гибридного потомства по изучаемым признакам. Гибридологический метод был разработан Г. Менделем, сформулировавшим правила этого метода:

1. Скрещиваемые организмы должны принадлежать к одному виду.
2. Скрещиваемые организмы должны четко различаться по отдельным признакам.
3. Изучаемые признаки должны быть константны, т.е. воспроизводиться из поколения в поколение при скрещивании в пределах линии.
4. Необходима характеристика и количественный учет всех классов расщепления, если они наблюдаются у гибридов первого и последующих поколений.

Математический метод в биологии также впервые был применен Г. Менделем, который применил математические подходы, как к изучению результатов скрещиваний, так и к построению гипотез и объяснению полученных результатов. С этого времени сравнение количественных данных эксперимента с теоретически ожидаемыми стало неотъемлемой частью генетического анализа. Математический анализ незаменим при изучении наследуемости количественных признаков, изучении изменчивости (особенно модификационной), при исследовании популяций.

Цитологический метод используется для изучения клетки, как основной единицы живой материи. Изучение строения хромосом вместе с гибридологическим анализом дали начало цитогенетическому методу.

Кроме этих методов широкое применение находят метод получения мутаций, гибридизации соматических клеток, культуры тканей и клеток, методы биотехнологии, биохимический, иммунологический, иммунохимический.

Генетика широко использует методы физики: оптические, седиментационные, меченых атомов в молекулярной генетике и геной инженерии и других направлениях.

Разумеется, приведенные методы являются только частью методов, используемых в генетике. Особое место отводится разработке методов генетики человека. Современная наука в распоряжение исследователя представляет массу потенциальных возможностей, которые могут быть реализованы при конкретной программе исследований.

Контрольные вопросы

- 1.1. Что такое изменчивость? Современная классификация изменчивости и методы ее изучения.
- 1.2. Что такое модификационная изменчивость? Приведите примеры.
- 1.3. Что такое комбинативная изменчивость? Приведите примеры.
- 1.4. Что такое мутационная изменчивость? Приведите примеры.
- 1.5. Перечислите основные методы изучения генетики сельскохозяйственных животных.
- 1.6. Что такое наследственность? Приведите примеры.
- 1.7. Что такое внехромосомная цитоплазматическая наследственность? В чем ее материальная основа?
- 1.8. Охарактеризуйте основные этапы развития генетики.
- 1.9. Что изучает генетика и каково ее место среди других биологических наук.
- 1.10. Какова роль отечественных ученых в развитии генетики.

Тест для самопроверки

1. Что изучает генетика?
 - а) обмен веществ
 - б) наследственность и изменчивость
 - в) раздражимость
 - г) воспроизведение
2. Генетика имеет большое значение для медицины, так как она
 - а) ведет борьбу с эпидемиями
 - б) создает лекарства для лечения больных
 - в) устанавливает причины наследственных заболеваний
 - г) защищает окружающую среду от загрязнения мутагенами
3. Метод, который применяют для изучения наследования признаков сестрами или братьями, развившимся из одной оплодотворенной яйцеклетки, называют
 - а) гибридологическим
 - б) генеалогическим
 - в) цитогенетическим
 - г) близнецовым
4. Изучение закономерностей изменчивости при выведении новых пород животных - задача науки
 - а) ботаники
 - б) физиологии
 - в) селекции
 - г) цитологии
5. В каком году были открыты нуклеиновые кислоты?
 - а) 1900
 - б) 1972
 - в) 1953
 - г) 1865

Тема 2. Цитологические и молекулярные основы наследственности.

Содержание темы

Клетка как генетическая система. Строение клеток эукариот и прокариот. Роль ядра и других органелл клетки в передаче, сохранении и реализации наследственной информации. Доказательства роли ядра в наследственности. Хромосомы, их строение и химический состав. Гаплоидный и диплоидный наборы хромосом. Геном и кариотип. Организация хромосом на разных стадиях жизни клетки и деления ядра. Митоз, его генетическая сущность и значение в жизни клетки и организма. Митотический цикл и жизненный цикл клетки. Мейоз, его

генетическая и биологическая сущность. Гаметогенез. Оплодотворение. Половой процесс как средство реализации комбинативной изменчивости и обеспечения жизнеспособности организма. Патологии при гаметогенезе и оплодотворении.

Доказательства хранения и передачи генетической информации нуклеиновыми кислотами. Генетическая трансформация. Химическая структура нуклеиновых кислот (ДНК и РНК). Пиримидиновые и пуриновые основания. Модель структуры ДНК по Уотсону и Крику. Правило комплементарности. Видовая специфичность молекул ДНК. Репликация молекулы ДНК. Вилка репликации. Реализация наследственной информации. Химическая структура и биосинтез белков. Транскрипция. Интроны и экзоны. Сплайсинг. Трансляция. Инициация. Терминация. Генетический код и его свойства. Триплетность, неперекрываемость, вырожденность и универсальность. Колинеарность гена и кодируемого им белка. Объем генетической информации, хранящейся в генах и передаваемых ими. Регуляция активности генов. Теория Жакобо и Моно о механизме регуляции действия генов. Адаптивный синтез ферментов. Оперон. Структурные и регуляторные гены. Негативная и позитивная индукция и репрессия. Обмен генетическим материалом у прокариот: трансформация, трансдукция, конъюгация. Лизогения. Лизогенное состояние клеток как возможная причина заболевания животных.

Методические указания

Изучение вопросов, поставленных в этой теме, особенно важно для правильного понимания материальной основы и механизма наследственности.

Так как основной формой существования жизни является клетка, необходимо изучить ее строение и выяснить роль различных ее компонентов в передаче наследственности. При этом особое внимание уделяется строению хромосом, как основных носителей наследственной информации, строению и синтезу ДНК и РНК, выяснению роли ДНК в наследственности.

ДНК является основным материальным носителем наследственной информации. Изучите структуру и функции нуклеиновых кислот, репликацию ДНК, транскрипцию и трансляцию, генетический код, синтез белка в клетке и его регуляцию, современное представление о гене, задачи и проблемы генетической инженерии.

Выяснено, что за передачу наследственности ответственны не только хромосомы (основные компоненты клеточного ядра), но и органоиды цитоплазмы. В связи с этим целесообразно изучить их строение и функции.

Для живых организмов характерно постоянство числа хромосом. Разные виды живых существ отличаются друг от друга по количеству и форме хромосом, находящихся в клеточном ядре. Набор хромосом, типичный для данного вида, получил название кариотипа. Как устанавливается постоянство числа хромосом? Понимание этого явления невозможно без знания процесса деления клеток. На определенной стадии деления (митоза) соматической клетки происходит удвоение числа хромосом, в результате чего при образовании двух дочерних клеток в каждую из них попадает такое количество хромосом, какое было в материнской клетке. В каждой соматической клетке содержится по две одинаковых хромосомы, т.е. по форме и величине они парные (гомологичные). Так, например, кариотип крупного рогатого скота – 60 хромосом, или 30 пар, кариотип овцы – 54 хромосомы, или 27 пар.

У высших животных размножение осуществляется половым путем. При оплодотворении происходит слияние мужской и женской половых клеток. Если бы половые клетки ничем не отличались от соматических, то в результате оплодотворения новый организм имел бы удвоенное (в сравнении с родителями) число хромосом. Однако этого не происходит, так как процесс деления половых клеток (мейоз) отличается от митоза. В результате мейоза в каждую половую клетку (гамету) попадает уменьшенный вдвое (гаплоидный) набор хромосом, а в зиготе (оплодотворенной клетке) вновь восстанавливается удвоенное (диплоидное) их количество, чем и обеспечивается постоянство кариотипа.

Теоретическая часть

Элементарной структурной и функциональной единицей живого является клетка. Наука, изучающая строение и функции клеток называется цитология (греч. cellula, cytos – оболочка, панцирь).

Клетка – это наименьшая самовоспроизводящая единица жизни, на уровне клетки протекают рост и развитие, размножение клеток, обмен веществ и энергии.

Среди живых организмов встречаются два типа организации клеток: прокариоты («предъядерные» - к ним относят бактерии и сине-зеленые водоросли) и эукариоты («обладающие

настоящим ядром» - к ним относят все одно- и многоклеточные организмы – растения, грибы и животных).

В 1838 – 39 гг. Т. Шванном, М. Шлейденем была сформулирована клеточная теория как одно из величайших научных обобщений XIX века. Позднее, в 1858 г. Р. Вирхов внес существенные уточнения в ее формулировку. Современная клеточная теория содержит следующие положения:

- клетка – основная единица строения и развития всех живых организмов;
- клетки всех организмов сходны по своему строению, химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности;
- каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки;
- В многоклеточных организмах клетки специализированы по выполняемой ими функции и образуют ткани. Из тканей состоят органы, которые тесно связаны между собой и подчинены системам регуляции.

Внутреннее строение клетки долгое время было загадкой для ученых; считалось, что мембрана ограничивает протоплазму – некую жидкость, в которой и происходят все биохимические процессы. Благодаря электронной микроскопии тайну протоплазмы удалось раскрыть, и сейчас известно, что внутри клетки имеются цитоплазма, в которой присутствуют различные органоиды, и генетический материал в виде ДНК, собранный, в основном, в ядре (у эукариот).

Цитоплазма и её органоиды. Цитоплазма представляет собой водянистое вещество – цитозоль (90 % воды), в котором располагаются различные органеллы, а также питательные вещества (в виде истинных и 7 коллоидных растворов) и нерастворимые отходы метаболических процессов. В цитозоле протекает гликолиз, синтез жирных кислот, нуклеотидов и других веществ.

Митохондрии иногда называют «клеточными электростанциями». Это спиральные, округлые, вытянутые или разветвлённые органеллы, длина которых изменяется в пределах 1,5–10 мкм, а ширина – 0,25–1 мкм. Митохондрии могут изменять свою форму и перемещаться в те области клетки, где потребность в них наиболее высока. В клетке содержится до тысячи митохондрий, причём это количество сильно зависит от активности клетки.

Эндоплазматическая сеть – это сеть мембран, пронизывающих цитоплазму эукариотических клеток. Её можно наблюдать только при помощи электронного микроскопа. Эндоплазматическая сеть связывает органеллы между собой, по ней происходит транспорт питательных веществ. Гладкая ЭПС имеет вид трубочек, стенки которых представляют собой мембраны, сходные по своей структуре с плазматической мембраной. В ней осуществляется синтез липидов и углеводов.

Рибосомы – мелкие (15–20 нм в диаметре) органеллы, состоящие из р-РНК и полипептидов. Важнейшая функция рибосом – синтез белка. Их количество в клетке весьма велико: тысячи и десятки тысяч. Рибосомы могут быть связаны с эндоплазматической сетью или находиться в свободном состоянии. В процессе синтеза обычно одновременно участвуют множество рибосом, объединённых в цепи, называемые полирибосомами.

Аппарат Гольджи представляет собой стопку мембранных мешочков (цистерн) и связанную с ними систему пузырьков. На наружной, вогнутой стороне стопки из пузырьков (отпочковывающихся, по-видимому, от гладкой эндоплазматической сети) постоянно образуются новые цистерны, на внутренней стороне цистерны превращаются обратно в пузырьки. Основной функцией аппарата Гольджи является транспорт веществ в цитоплазму и внеклеточную среду, а также синтез жиров и углеводов, в частности, гликопротеина муцина, образующего слизь, а также воска, камеди и растительного клея. Аппарат Гольджи участвует в росте и обновлении плазматической мембраны и в формировании лизосом.

Лизосомы представляют собой мембранные мешочки, наполненные пищеварительными ферментами. Особенно много лизосом в животных клетках, здесь их размер составляет десятые доли микрометра. Лизосомы расщепляют питательные вещества, переваривают попавшие в клетку бактерии, выделяют ферменты, удаляют путём переваривания ненужные части клеток. Лизосомы также являются «средствами самоубийства» клетки: в некоторых случаях (например, при отмирании хвоста у головастика) содержимое лизосом выбрасывается в клетку, и она погибает.

Пероксисомы (микротельца) имеют округлые очертания и окружены мембраной. Их размер не превышает 1,5 мкм. Пероксисомы связаны с эндоплазматической сетью и содержат ряд важных ферментов, в частности, каталазу, участвующую в разложении перекиси водорода.

Почти во всех эукариотических клетках имеются полые цилиндрические органеллы диаметром около 25 нм, называемые микротрубочками. В длину они могут достигать нескольких микрометров. Стенки микротрубочек сложены из белка тубулина. В клетках животных и низших растений встречаются центриоли – мелкие полые цилиндры длиной в десятые доли микрометра, построенные из 27 микротрубочек. Во время деления клетки они образуют веретено, вдоль которого выстраиваются хромосомы. Центриолям по структурам идентичны базальные тельца, содержащиеся в жгутиках и ресничках. Эти органеллы вызывают биение жгутиков. Другая функция микротрубочек – транспорт питательных веществ. Микротрубочки представляют собой достаточно жесткие структуры и поддерживают форму клетки, образуя своеобразный цитоскелет. С опорой и движением связана и ещё одна форма органелл – микрофиламенты – тонкие белковые нити диаметром 5–7 нм.

Особую роль в хранении и передаче наследственной информации выполняют хромосомы, впервые обнаруженные Флемингом (1882 г.) и Страсбургером (1884 г.). Термин «хромосома» предложил Вальдейер в 1888 г.

Хромосомами называются постоянные компоненты ядра клетки, имеющие особую организацию, функциональную специфичность, способные к самовоспроизведению и сохранению свойств на протяжении всего онтогенеза. Выполняя функции сохранения, передачи и реализации наследственной информации, они способны к изменению своей структуры и морфологии. В интерфазном ядре они выполняют функции транскрипции и репликации, поэтому находятся в деконденсированном (неуплотненном) состоянии, имеют вид тонких деспирализованных нитей, представляющих собой комплексы ДНК и основных белков – гистонов. Во время деления клетки основная функция хромосом – сохранение и передача наследственной информации в дочерние клетки, поэтому они находятся в компактном (конденсированном) состоянии, обусловленном максимальной спирализацией хроматиновых нитей. Наиболее четко морфологические особенности хромосом проявляются в метафазе митоза, поэтому подсчет числа хромосом, определение их размеров, описание и идентификацию проводят именно в этой фазе. Особенно важным для генетики было открытие в конце XIX столетия (К. Рабль, Е. Ван-Бенедин и Т. Бовери) постоянства и парности числа, а также индивидуальности хромосом для каждого вида.

Г.А. Левитский (1931 г.) установил единый принцип морфологического строения метафазных хромосом. Каждая метафазная хромосома состоит из двух хроматид, имеет определенную длину и форму, которая зависит от положения первичной или центрической перетяжки. В области первичной перетяжки расположен центромер (или кинетохор), к которому прикрепляются тянущие нити митотического веретена. Кроме центромера некоторые хромосомы имеют вторичную перетяжку. Такие хромосомы называются спутничными, иногда бывает несколько спутников. В районе вторичной перетяжки образуется ядрышко. В некоторых тканях находятся политенные хромосомы и хромосомы типа ламповых щеток. Хромосомы имеют сложное химическое строение и не 90% состоят из дезоксирибонуклеопротеидов. При специфическом окрашивании в каждой хромосоме выявляются эухроматиновые и гетерохроматиновые зоны. Эухроматиновые зоны окрашиваются слабо, их рассматривают как активные зоны хромосом, содержащие основной комплекс работающих генов. Гетерохроматиновые зоны хромосомы окрашиваются более интенсивно. Предполагается, что в них находятся блоки идентичных генов, обладающих сходным действием и малоактивных в онтогенезе. Совокупность хромосом соматической клетки данного вида называется кариотипом.

Кариотип характеризуется числом, формой и размерами хромосом, а также распределением гетерохроматина. В кариотипе хромосомы представлены гомологичными парами (2n). При изучении кариотипа изучают морфологические параметры к которым относятся абсолютная длина хромосомы, плечевой индекс, центромерный индекс, процент гетерохроматиновой зоны. При описании кариотипа используют условные обозначения для идентификации по длине, а также составляют формулу кариотипа.

Изучение кариотипа является основой цитогенетического метода, который широко используется как в генетике растений и животных, так и в генетике человека. В 1974 г. открыт митоз у растительных клеток (И.Д. Чистяков), в 1978 г. – у животных клеток (В. Флеминг, П.И. Перелижко). В 1882 г. – открытие мейоза у животных (В. Флеминг).

Таким образом, клетка – это единая взаимосвязанная система органелл, обеспечивающая жизнедеятельность клетки, сохранение и реализацию наследственной информации. Одновременно шло изучение половых клеток и механизма оплодотворения у животных и растений. В 1975 г. впервые обнаружено слияние ядра сперматозоида с ядром яйцеклетки у иглокожих (О. Гертвиг), а

в 1880-1884 гг. – у растений (Н.Н. Горожанкин, Э. Страсбургер).

Самое главное в процессе оплодотворения – это слияние мужского и женского пронуклеусов. Оплодотворение – процесс видоспецифичный, то есть спермии одного вида организмов, как правило, не оплодотворяют яйца другого вида. В яйцо проникают только ядро и одна из центриолей спермия. Ядро сливается с женским пронуклеосом, а центриоль делится и начинается формирование веретена первого деления. Таким образом, спермий, проникая в яйцо, выполняет ряд функций: 1) стимулирует яйцо к развитию; 2) передает гаплоидный набор хромосом в качестве отцовского генетического вклада во вновь формирующуюся зиготу; 3) вносит в яйцо центриоль, участвующую в механизме клеточного деления.

Основным способом размножения соматических клеток является митоз (непрямое деление), который обеспечивает дочерние клетки идентичной с материнской клеткой генетической информацией.

Гораздо реже клетки делятся путем амитоза, который не обеспечивает равенства генетического материала у дочерних клеток. Путем амитоза делятся клетки простейших организмов и некоторые специализированные клетки животных и растений.

При митозе же разные поколения соматических клеток содержат одинаковое количество генетического материала, идентичного по своим функциям материнской клетке. Это достигается особым механизмом вначале самоудвоения, а затем равного распределения в обе дочерние клетки наследственного материала (ДНК и хромосом) в митотическом цикле. Изучая митотический цикл, обратите внимание на современное представление о процессах, протекающих в интерфазе (в разные периоды G_1 , S , G_2). Хромосомы в период интерфазы находятся в развернутом и наиболее активном состоянии (в молекулярный микроскоп не видны и отсюда название – интерфаза). Однако это самая важная фаза митотического цикла. Метаболические процессы клетки в этой фазе совершаются с наибольшей активностью и по продолжительности времени, интерфаза, в несколько раз превосходит сам митоз. В интерфазе происходит синтез продуктов, необходимых для образования клеточных структур. Именно в интерфазе происходит синтез и удвоение основного наследственного материала – ДНК. Удвоение ДНК происходит полуконсервативным способом: цепи ДНК разделяются, а затем каждая из них достраивает вторую комплементарную нить. Хотя в интерфазе число хромосом не изменяется и продолжает оставаться вплоть до анафазы митоза диплоидным – $2n$, однако уже в постсинтетический период интерфазы (G_2) количество ДНК в хромосомах удвоенное и составляет $4c$. То есть каждая хромосома содержит удвоенное количество ДНК в виде двух сестринских хроматид. Самоудвоение хроматид (ДНК) служит основой самоудвоения хромосом в процессе митоза.

Будет способствовать пониманию генетических процессов рассмотрение фаз митоза – профазы, метафазы, анафазы и телофазы.

Другой вид деления клетки – мейоз происходит при формировании половых клеток (гамет). Гаметы у животных образуются в особых органах – гонадах (половых железах): яйцеклетки в яичнике, спермии в семеннике.

Диплоидные клетки, из которых развиваются гаметы, называют оогониями и сперматогониями. Их быстрая пролиферация (от лат. *proles* – потомство и *fero* – несу – разрастание ткани животного или растительного организма в результате размножения клеток) путем митоза приводит к образованию огромного количества клеток (ооцитов). Клетки растут, причем так называемые ооциты первого порядка достигают значительно больших размеров, чем сперматоциты первого порядка. Затем одно за другим происходят два деления созревания: сначала редукционное, в результате которого образуются сперматоциты и ооциты второго порядка, а потом эквационное.

В результате делений созревания образуются четыре гаплоидные клетки. Будущие мужские гаметы – сперматиды одинаковы по размерам, а у особой женского пола продукты деления созревания, неравноценны: ооцит первого порядка, отделяя маленькое направительное, или полярное, тельце, превращается в ооцит второго порядка, а тот, в свою очередь, отделяет еще одно полярное тельце и становится крупной, богатой цитоплазмой зрелой яйцеклеткой. Образовавшиеся полярные тельца в дальнейшем развитии не участвуют.

После деления и созревания яйцеклетка готова к оплодотворению. Сперматиды же должны в процессе сперматогенеза морфологически преобразоваться в подвижные спермии.

В отличие от митоза при первом (редукционном) делении мейоза дочерним клеткам передается половинный набор хромосом соматической клетки. От каждой пары хромосом в две дочерние клетки расходуется по одной хромосоме. При этом хромосомы каждой пары расходятся в

дочерние клетки случайно и этим обеспечивается комбинаторика негомологичных хромосом в гаметах. То есть в образующуюся гамету обязательно придет полностью гаплоидный набор либо материнский, либо отцовский (хотя это тоже по теории вероятности не исключается). Обязательным является только то, что набор хромосом в гаметах должен быть половинный по отношению хромосомному набору соматической клетки особи, продуцирующей эти гаметы, а сочетание хромосом отцовских и материнских в гаметах может быть самое разное (из всех возможных вариантов по количеству пар негомологичных хромосом в соматической клетке).

Кроме того, в мейозе за счет перекреста (кроссинговера) происходит образование хромосом нового генетического состава в результате обмена участками между парными (материнской и отцовской) хромосомами. Это обеспечивает рекомбинацию генетического материала.

Редукционное деление мейоза, кроме рекомбинации генетического материала является механизмом, обеспечивающим видовое постоянство числа хромосом при половом размножении, поскольку при оплодотворении сливаются гаметы материнская и отцовская и в зиготе восстанавливается видовое постоянство числа хромосом с диплоидным набором. Следует рассмотреть также процессы, происходящее во втором делении мейоза.

Хромосомы в основном состоят из нуклеопротеидов, преимущественно из дезоксирибонуклеопротеидов (ДНП). В состав ДНП входят дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК) и белки.

Главную роль в передаче наследственной информации играют биологические полимеры – нуклеиновые кислоты, входящие в состав клеток представителей всего органического мира, от самых примитивных до самых сложноустроенных его форм.

Нуклеиновые кислоты открыл в прошлом веке швейцарский ученый Иоганн Фридрих Мишер в ядрах, полученных из лейкоцитов гноя, а затем и из мужских половых клеток (сперматозоидов).

Начиная с 40-50-х годов 20-го века происходит интенсивное накопление фактов, свидетельствующих о значении нуклеиновых кислот в передаче наследственной информации. Большую роль в этой области сыграли исследования наследственности микроорганизмов: вирусов и бактерий.

Молекула ДНК, модель структуры которой предложили Уотсон и Крик (1953 г.) представляет собой полинуклеотид и состоит из двух длинных цепей нуклеотидов, которые образуют структуру, напоминающую винтовую лестницу. Молекула с такой структурой является двойной спиралью. В состав нуклеотида каждой из цепей входит остаток фосфорной кислоты (фосфат), пентозный сахар - дезоксирибоза и азотистые основания, представленные производными пуринов - аденином и гуанином (А и Г) и пиримидинов - тиминном и цитозинном (Т и Ц).

Согласно правилу Чаргаффа содержание пуринов в ДНК всегда равно содержанию пиримидинов. В пределах пуриновой группы содержание аденина и гуанина может быть различно, так же, как в пределах пиримидинов содержание тимина и цитозина.

Пуриновые и пиримидиновые основания одной цепи ДНК образуют водородные связи с пиримидиновыми и пуриновыми основаниями комплементарной цепи.

Комплементарность их заключается в том, что в цепи всегда против тимина расположен аденин, а против гуанина - цитозин.

Расстояние между нуклеотидами $3,4 \text{ \AA}$ (1 \AA – ангстрем равен десятиmillionной доле миллиметра или $0,34 \text{ нм}$ – нанометра).

Длина пуриновых оснований равна 12 \AA , пиримидиновых оснований 8 \AA . Диаметр двойной цепи 20 \AA .

ДНК является носителем наследственной информации, которая записана в ней генетическим кодом на основе четырех типов мононуклеотидов.

Смысловой единицей кода является триплет, состоящий из трех расположенных последовательно в цепи ДНК нуклеотидов. Генетический код вступает в силу в процессе трансляции - синтеза белка. Триплет кодирует одну аминокислоту и называется кодоном.

Информационное значение имеет порядок чередования нуклеотидов, содержащих разные азотистые основания. Учитывая, что в цепи ДНК в среднем около 10000 нуклеотидных единиц, то число молекул, различающихся по порядку чередования оснований, выразится величиной 4^{10000} . На основе такого большого многообразия может быть записан практически любой объем генетической информации.

Генетический код (иРНК)

| Первое основание | Второе основание | | | | | | | | Третье основание |
|------------------|------------------|--------------|-----|---------|-----|--------------------|-----|---------|------------------|
| | У | | Ц | | А | | Г | | |
| У | УУУ | Фенил-аланин | УЦУ | Серин | УАУ | Тирозин | УГУ | Цистеин | У |
| | УУЦ | | УЦЦ | | УАЦ | | УГЦ | | |
| | УУА | лейцин | УЦА | | УАА | «Стоп» | УГА | «Стоп» | У |
| | УУГ | | УЦГ | | УАГ | | УГГ | | |
| Ц | ЦУУ | Лейцин | ЦЦУ | Пролин | ЦАУ | Гистидин | ЦГУ | Аргинин | Ц |
| | ЦУЦ | | ЦЦЦ | | ЦАЦ | | ЦГЦ | | |
| | ЦУА | | ЦЦА | | ЦАА | Глицин | ЦГА | | Ф |
| | ЦУГ | | ЦЦГ | | ЦАГ | | ЦГГ | | |
| А | АУУ | Изолейцин | АЦУ | Треонин | ААУ | Аспарагин | АГУ | Серин | А |
| | АУЦ | | АЦЦ | | ААЦ | | АГЦ | | |
| | АУА | Метионин | АЦА | | ААА | Лизин | АГА | Аргинин | Ф |
| | АУГ | | АЦГ | | ААГ | | АГГ | | |
| Г | ГУУ | Валин | ГЦУ | Аланин | ГАУ | Аспарагиновая к-та | ГГУ | Глицин | У |
| | ГУЦ | | ГЦЦ | | ГАЦ | | ГГЦ | | |
| | ГУА | | ГЦА | | ГАА | Глютамин | ГГА | | Ф |
| | ГУГ | | ГЦГ | | ГАГ | | ГГГ | | |

* *Правила пользования таблицей: первый нуклеотид в триплете берется из левого вертикального ряда, второй – из верхнего горизонтального ряда и третий – из правого вертикального. Там, где пересекутся линии, идущие от всех трех нуклеотидов, и находится искомая аминокислота.*

Процесс связывания отдельных нуклеотидов в молекулах ДНК и РНК называется полимеризацией. В отличие от ДНК, РНК является, в основном, одноцепочной и не способна у многоклеточных организмов к делению и к самовоспроизведению. Исключение составляют вирусы, которые синтезируются на молекулах ДНК.

Рибонуклеиновые кислоты состоят из рибонуклеотидов, в состав которых входят сахар рибоза (Р), пуриновые – аденин (А), гуанин (Г) и пиримидиновые – урацил (У) и цитозин (Ц) основания. Различают несколько типов РНК. Главная масса РНК клетки (70-80%) приходится на рибосомную (р-РНК), входящую в состав рибосом. Второй тип РНК называется транспортной РНК (т-РНК) и составляет 10-15% от всей РНК клетки. Третий вид - информационная (и-РНК), или матричная (м-РНК), содержание которой в клетке невелико всего 1-10%.

В нашем организме, как и в организме всех живых существ, происходит постоянный синтез самых разнообразных и сложных белковых молекул. В настоящее время показано, что биосинтез белков представляет собой сложный многоступенчатый процесс, в котором точно воспроизводится специфическая структура каждого данного белка, обеспечивающая его уникальные биологические свойства.

Как известно, в состав белков входит одна или несколько полипептидных цепей, состоящих в свою очередь из различных комбинаций 20 разных аминокислот. Длина полипептидной цепи варьирует в широких пределах. У большинства белков полипептидные цепи состоят из 100-200 аминокислотных остатков. Последовательность аминокислот в полипептидных цепях определяет важнейшую характеристику белка – его первичную структуру, от которой, в конечном счете, зависят и его биологические свойства. Последовательность аминокислот определяется последовательностью нуклеотидов в ДНК, которая является уникальной не только для данного биологического вида, но даже и для индивидуума.

Контрольные вопросы и задачи

2.1. Строение клетки и функции ее органоидов. Каким образом в ДНК сохраняется наследственная информация?

Задача: Какой последовательностью азотистых оснований ДНК кодируется участок белка, если он имеет следующее строение:

пролин – аргинин – пролин – лейцин – валин – аргинин?

2.2. Сформулируйте понятия: гомологичные и половые хромосомы, аутосомы. Как осуществляется регуляция действия генов?

Задача: В одной из цепочек молекулы ДНК нуклеотиды расположены в такой последовательности:

...АЦГ ТТА ГЦТ АГТ...

Какова последовательность нуклеотидов в другой цепочке этой же молекулы?

2.3. Перечислите современные методы картирования хромосом. Поясните значение каждого метода. Что такое генетический код? Назовите его свойства.

Задача: Участок гена состоит из следующих нуклеотидов:

...ГАГ ААТ ТГГ ЦТА АЦА ГТА...

Выпишите последовательность аминокислот в белковой молекуле, кодируемой этим геном.

2.4. В чем основное различие между сперматогенезом и оогенезом? Что такое ген в современном понимании?

Задача: Закодируйте следующую последовательность аминокислот:

тирозин-аспарагин-треонин-пролин-цистеин,

используя одни, а затем другие триплеты, учитывая «вырожденность» генетического кода.

2.5. Нарисуйте схемы митоза и мейоза. Объясните, почему при митозе число хромосом сохраняется, а при мейозе уменьшается ровно вдвое. Приведите пример доказательства роли ДНК в наследственности.

Задача: Определите количество аминокислот, составляющих белковую молекулу, при условии, что молекулярный вес гена, контролирующего синтез этого белка, равен 323100. Средний молекулярный вес одного нуклеотида равен 340 дальтон.

2.6. В чем отличие прокариотических и эукариотических клеток? Строение, действие и свойства генов.

Задача: Укажите последовательность аминокислот в белковой молекуле, кодируемых следующими нуклеотидами ДНК:

...АТА ЦТГ АЦА ТТА ГАА ...

Какой будет последовательность аминокислот, если между десятым и одиннадцатым нуклеотидами произойдет вставка гуанина?

2.7. Кариотип, видовое постоянство числа, величины и формы хромосом, парность и диплоидный набор хромосом. Приведите примеры кариотипов основных видов сельскохозяйственных животных. Способы передачи генетического материала у бактерий и вирусов.

Задача: Напишите последовательность расположения аминокислот на одном из участков молекулы белка, если известно, что он кодируется такой последовательностью нуклеотидов ДНК:

АТГ ТЦГ ЦГТ ААА ЦАТ ...

Как изменится ответ, если химическим путем из молекулы ДНК будет удален десятый нуклеотид?

2.8. Строение и свойства хромосом. Их роль в наследственности. Как осуществляется реализация наследственной информации? (Биосинтез белка).

Задача: В одной из цепочек молекулы ДНК нуклеотиды расположены в такой последовательности:

а) АЦА ГГТ АЦГ АЦГ ТАГ ...

б) ТГЦ ААТ ЦГГ АЦТ ГАЦ ...

Укажите последовательность нуклеотидов в другой цепочке молекулы?

2.9. Процесс оплодотворения у животных. Избирательность и случайность оплодотворения. ДНК и РНК, схема строения, сходства и различия между ними.

Задача: Определите молекулярный вес гена, детерминирующего образование инсулина, состоящего из 51 аминокислоты, если известно, что средний молекулярный вес нуклеотида равен 340 дальтон.

2.10. Генетическая рекомбинация и ее значение. В чем значение упаковки ДНК в хроматине и хромосомах?

Задача: Участок гена состоит из следующих нуклеотидов:

...АГГ ТТЦ ГАЦ ТЦГ ЦАЦ АТГ...

Расшифруйте последовательность аминокислот в белковой молекуле, кодируемой данным геном.

Тест для самопроверки

1. Функции ядра клетки:
 - а) энергетическая база;
 - б) хранение наследственной информации;
 - в) пищеварительная.
2. Что такое кариотип?
 - а) химический состав клетки;
 - б) диплоидный набор хромосом;
 - в) морфологическое строение ядра клетки.
3. Сколько хромосом содержится в кариотипе свиньи?
 - а) 36; б) 40; в) 38.
4. Где протекает овогенез?
 - а) в яичниках млекопитающих;
 - б) в поджелудочном соке;
 - в) в соматических клетках.
5. Теломера - это:
 - а) мера тела
 - б) структура на конце плеча хромосомы
 - в) перичентрический участок хромосомы
 - г) сателлит
6. Что такое клеточный цикл?
 - а) интерфаза;
 - б) интерфаза + митоз;
 - в) деление соматических клеток.
7. Где располагается центромера метацентрических хромосом?
 - а) в центре;
 - б) несколько сдвинута к одному концу;
 - в) сильно сдвинута к одному концу;
 - г) у одного конца.
8. Что такое "хроматида"?
 - а) половая хромосома;
 - б) одна из гомологичных хромосом;
 - в) одна из нитей, входящих в состав хромосомы;
 - г) первичная перетяжка хромосомы.
9. В чем заключается биологическое значение мейоза?
 - а) рекомбинация родительских генов;
 - б) сокращение числа хромосом в два раза;
 - в) сохранение диплоидного набора хромосом в дочерних клетках.
10. Что такое гамета?
 - а) половая клетка; б) половая железа; в) соматическая клетка.
11. В чем состоит главная функция молекулы ДНК?
 - а) хранение наследственной информации о развитии признаков;
 - б) генный контроль синтеза белков, ферментов, гормонов;
 - в) репликация молекул ДНК.
12. Построение аминокислотной последовательности в полипептидной последовательности называется:
 - а) транскрипция
 - б) процессинг
 - в) полиплоидия
 - г) трансляция
 - д) репликация
13. В каком химическом веществе хромосом заключен генетический код?
 - а) в белке б) и-РНК в) ДНК

14. Сплайсинг - это процесс:
 - а) удаления экзонов
 - б) построения пре-М-РНК
 - в) удаления интронов
 - г) рекомбинации
15. Главный фермент, участвующий в репликации:
 - а) РНК-полимераза
 - б) ревертаза
 - в) рестриктаза
 - г) ДНК-полимераза
16. Какое свойство генетического кода говорит о том, что аминокислота кодируется более чем одним кодоном?
 - а) универсальность
 - б) вырожденность
 - в) триплетность
 - г) неперекрываемость
17. Результат сплайсинга:
 - а) построение комплементарной нити ДНК
 - б) построение зрелой М-РНК
 - в) построение полипептидной цепочки
 - г) построение Т-РНК
18. Единица генетического кода:
 - а) динуклеотид
 - б) триплет
 - в) пиримидиновое основание
 - г) интрон
19. Фермент, распознающий специфическую последовательность нуклеотидов в двойной спирали молекул ДНК, носит название:
 - а) ревертаза
 - б) рестриктаза
 - в) РНК-полимераза
 - г) гомогентиназа
20. Что такое промотор?
 - а) участок ДНК, регулирующий работу оперона
 - б) участок ДНК, опознаваемый РНК-полимеразой
 - в) участок ДНК, преграждающий движение РНК-полимеразы
 - г) участок и-РНК

Тема 3. Закономерности наследования признаков

Содержание темы

Менделизм как основа генетики. Особенности экспериментального метода Менделя. Значение выбора стабильных альтернативных признаков родительских пар, обеспечение надежности скрещивания, жизнеспособности и плодовитости гибридов. Моногибридное, дигибридное и полигибридное скрещивание. Аллельность, понятие о множественном аллелизме. Понятие о гомо- и гетерозиготности. Правила наследования признаков: единообразие гибридов первого поколения, расщепления, независимого наследования признаков. Понятие о чистоте гамет. Доминантность и рецессивность. Виды доминирования: полное, неполное, кодоминирование, сверхдоминирование. Факторы, влияющие на характер расщепления признаков у гибридов: значение объема выборки, влияние внешней среды, жизнеспособность разных фенотипов (гамет, зигот, эмбрионов и особей) к моменту анализа. Летальное действие некоторых генов у сельскохозяйственных животных. Плейотропное действие генов. Наследование признаков при взаимодействии неаллельных генов: комплементарное, эпистатическое, полимерное, модифицирующее действие. Виды полимерии, их значение в практике животноводства. Супрессия как основа неаллельного взаимодействия генов. Гены-модификаторы. Наследственность и среда. Экспрессивность и пенетрантность генов.

Методические указания

Тема особенно важна и интересна для специалиста, так как в ней на конкретных примерах изучаются закономерности наследования признаков. Для понимания правил наследственности, установленные Г. Менделем (доминирования и единообразия первого поколения; расщепления во втором поколении; чистоты гамет и независимого комбинирования признаков), необходимо научиться составлять и анализировать схемы скрещиваний.

Изучите закономерности наследования родительских признаков гибридным потомством в первом, втором и последующих поколениях, раскройте явление диминирования и рецессивности признаков.

Проработав тему, необходимо знать и уметь:

- пользоваться терминами: родительское поколение (P), первое гибридное поколение (F₁), второе гибридное поколение (F₂), доминантность, рецессивность, гомозигота, гетерозигота, расщепление, независимое распределение, неполное доминирование, кодоминирование, летальность, возвратное скрещивание (анализирующее);

- проиллюстрировать с помощью решетки Пеннета скрещивания по одному, двум и большему числу признаков и указать, какие численные соотношения генотипов и фенотипов следует ожидать в потомстве от этих скрещиваний;

- сопоставить типы наследования признаков при скрещиваниях с поведением хромосом во время мейоза и оплодотворения;

Теоретическая часть

Закономерности наследования потомками признаков организмов впервые были открыты основоположником генетики чешским ученым Грегором Менделем. Его работа, опубликованная в 1865 г. «Опыты над растительными гибридами», является классическим произведением.

Изучение результатов скрещиваний и закономерностей наследования альтернативных признаков проводится с помощью разработанного Г. Менделем гибридологического анализа. При этом гены, контролирующие конкретные признаки, обозначаются буквенными символами: доминантные гены заглавными буквами, а рецессивные – малыми. Так, доминантный ген черной масти крупного рогатого скота можно обозначить буквой «Ч», а аллельный ему рецессивный ген красной масти – «ч».

Нужно твердо помнить, что в зиготе и соматических клетках имеется по два гена каждого признака, а в половых – по одному.

В нашем примере в соматических клетках черных гомозиготных животных генов черной масти будет два, и генотип таких коров будет обозначаться «ЧЧ», генотип гомозиготных красных – «чч». Какие гаметы дадут эти животные?

Гомозиготные черные животные будут давать только одинаковые половые клетки с доминантным геном «Ч», гомозиготные красные – одинаковые половые клетки с рецессивным геном «ч». Какое потомство получится при скрещивании черных с черными и красных с красными?

При скрещивании черных с черными и красных с красными во всех поколениях в первом случае будут получаться только черные, а во втором только красные телята.

| | | | | | | | |
|-------------------------------|----|---|---|--|-------|---|-------|
| Родители | P: | ♀ ЧЧ | x | ♂ ЧЧ | ♀ чч | x | ♂ чч |
| | | черн | | черн | красн | | красн |
| Гаметы | | Ч | | Ч | ч | | ч |
| Потомство первого поколения F | | ЧЧ | | чч | | | |
| | | Возможно получение только черных гомозиготных телят | | Возможно получение только красных гомозиготных телят | | | |

Каким окажется результат скрещивания черных быков с красными коровами?

| | | | | |
|------------------|---------|--------|--------|---------|
| P: | ♀ чч | x | ♂ ЧЧ | |
| | красные | | черные | |
| Гаметы: | ч | | Ч | |
| F ₁ : | ♀ Чч | x | ♂ Чч | |
| | черные | | черные | |
| Гаметы: | Ч | ч | Ч | ч |
| F ₂ : | ЧЧ | Чч | Чч | чч |
| | черные | черные | черные | красные |

В данном случае родители дадут такие гаметы: черные – гаметы с геном «Ч» и красные – с геном «ч». Следовательно, при оплодотворении в зиготе окажется один ген черной масти и аллельный ему ген красной масти. По генотипу потомство первого поколения будет гетерозиготным. По фенотипу оно однородное черное в силу доминирования черной масти. Особи первого поколения будут уже давать не одинаковые, а разные гаметы – по одной с геном «Ч» и по одной с геном «ч».

При скрещивании гетерозигот между собой во втором поколении будет наблюдаться расщепление по фенотипу: 3 черных (ЧЧ, Чч, Чч) : 1 красный (чч).

По генотипу же отношение будет иным, а именно: 1 гомозиготный по доминантному гену: 2 гетерозиготных : 1 гомозиготный по рецессивному гену, т.е. 1 : 2 : 1

Сложнее составить схему дигибридного скрещивания, т.е. скрещивания, в котором изучается наследование не одного, а двух признаков. В этом случае и в соматических клетках, и в половых необходимо записывать гены двух изучаемых признаков.

Например, у крупного рогатого скота черная масть «Ч» доминирует над красной «ч», комолость «К» – над рогатостью «к». Тогда генотип гомозиготных черных комолых животных следует записать так: ЧЧКК, генотип красных рогатых – ччкк.

Попробуем составить схему скрещивания черных комолых быков с красными рогатыми коровами.

Р: ♀ ККЧЧ х ♂ ккчч
 комол., черн. рогат., красн.

Гаметы: КЧ кч

F₁: ♀ КкЧч х ♂ КкЧч
 комол., черн. комол., черн.

Гаметы: КЧ Кч кЧ кч КЧ Кч кЧ кч

Гетерозиготы первого поколения будут давать гаметы не двух типов, как в моногибридном скрещивании, а четырех типов. При образовании гамет у таких животных ген «К» может попасть в половую клетку в сочетании с геном «Ч» (КЧ) или с геном «ч» (Кч); ген «к» может сочетаться с геном «Ч» (кЧ) или с геном «ч» (кч).

Следовательно, гаметы животных будут такими: КЧ, Кч, кЧ, кч.

Каким будет второе поколение F₂?

В целях облегчения анализа генотипов и фенотипов во втором поколении прибегают к построению решетки Пеннета:

| | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Гамета матери \ гамета отца | КЧ | Кч | кЧ | кч |
| КЧ | ККЧЧ Комолые Черные | ККЧч Комолые черные | КкЧч Комолые черные | КкЧч Комолые черные |
| Кч | ККЧч Комолые Черные | ККчч Комолые красные | КчЧч Комолые черные | Ккчч Комолые Красные |
| кЧ | КкЧЧ Комолые Черные | КкЧч Комолые черные | ккЧЧ Рогатые черные | ккЧч Рогатые черные |
| кч | КкЧч Комолые Черные | Ккчч Комолые красные | ккЧч Рогатые черные | ккчч Рогатые красные |

Для того чтобы усвоить закономерности наследования альтернативных признаков в моно- и дигибридном скрещиваниях, при изучении материала необходимо прибегать к

построению схем скрещиваний и их анализу. Соотношение фенотипов в F составляет: 9 комолых черных, 3 комолых красных, 3 рогатых черных и 1 рогатый красный.

При изучении наследования признаков выяснено, что на один и тот же признак могут влиять не одна, а несколько пар генов, вступающих во взаимодействие. Различают следующие типы действия и взаимодействия генов: плейотропия, модифицирующее действие генов, комплементарность, эпистаз, полимерия.

Плейотропия – явление, при котором один ген детерминирует развитие и фенотипическое проявление нескольких признаков. При этом весь комплекс признаков, детерминируемых одним геном плейотропного действия, наследуется как при моногибридном скрещивании.

Модифицирующее действие генов выражается в действии генов-модификаторов на развитие признака одновременно с генами основного действия – олигенами. Гены-модификаторы обычно не имеют собственного фенотипического проявления, они обуславливают развитие признака в зависимости от условий внешней среды – температуры, влажности освещенности фотопериодизма, условий выращивания, а также от собственного аллельного состояния. Все перечисленное затрудняет проведение генетического анализа генов-модификаторов.

От скрещивания двух дигетерозигот при комплементарном взаимодействии неаллельных генов (комплементум – дополнение, неаллельные гены дополняют друг друга) может быть расщепление фенотипических классов 9:7; 9:6:1; 9:4:3, при эпистазе – (один из генов полностью подавляет действие другого, неаллельного гена) 12:3:1; 13:3; при полимерии (на проявление признака оказывает влияние одновременно несколько однозначных генов) – 15:1. Вместе с тем, эти отличия расщепления фенотипических классов не противоречат законам наследования, установленным Г. Менделем, а наоборот, углубляют и показывают многогранность явления. При взаимодействии неаллельных генов характер передачи генов и соотношение генотипических классов не изменяется.

Кроме того, следует выделить законы наследственности, вытекающие из работ Г. Менделя: закон о дискретной природе наследственности, об относительном постоянстве гена и об аллельном состоянии его.

Контрольные вопросы, задачи

3.1. Гибридологический анализ, его задачи, сущность и методика.

Задача: У свиней сrostнопалость доминирует над нормальным строением ноги (парнокопытностью). Какое ожидается расщепление в потомстве:

а) если гетерозиготный сrostнопалый хряк-производитель спарен с гетерозиготной сrostнопалой свиноматкой;

б) если хряк с нормальными ногами (парнокопытный) спарен с такой же маткой.

3.2. Приведите примеры всех типов взаимодействия аллельных генов: доминирования полного и неполного, кодоминирования и сверхдоминирования.

Задача: У крупного рогатого скота сплошная окраска «С» доминирует над пегостью «с». Местный малопродуктивный скот, имевший сплошную окраску «С», для повышения продуктивности покрывали черно-пестрым быком остфризской породы «с». Помеси первого поколения вновь были покрыты быком остфризской породы. Какое количество потомков второго поколения будет иметь сплошную, и какую черно-пеструю окраску?

3.3. Приведите примеры всех типов взаимодействия неаллельных генов у животных.

Задача: У норки ген «Ф» вызывает серебристо-соболиную окраску – бос, но имеет летальное действие. Его присутствие обуславливает стандартную окраску «фф». Все особи (взрослые) с окраской бос гетерозиготны «Фф». Каково будет расщепление при спаривании таких особей между собой? Как избежать отхода?

3.4. Разберите на примерах понятия: экспрессивность и пенетрантность.

Задача: У лошадей ген «С», вызывающий серую масть, эпистатирует над геном вороной «В» и рыжей «свв». Каково будет соотношение фенотипов во втором поколении при спаривании вороных и рыжих лошадей с серыми?

3.5. Дайте определение понятиям: фенотип, генотип, норма реакции.

Задача: У крупного рогатого скота ген «Д» (декстер) вызывает укороченность головы и ног, но улучшает мясные качества. В гомозиготном состоянии «ДД» он вызывает гибель организма. Каким будет расщепление при спаривании между собой двух гетерозиготных животных; гетерозиготных с рецессивным гомозиготными?

3.6. Законы Г. Менделя. В чем суть открытий Г. Менделя?

Задача: Признак укороченных ног у кур – «К» (такие куры не разрывают огороды) доминирует над длинноногостью – «к». У гомозиготных по коротконогости цыплят клюв настолько мал, что они не могут пробить яичную скорлупу и гибнут, не вылупившись из яйца. В хозяйстве, разводящем только коротконогих кур, получено 3000 цыплят. Сколько среди них будет коротконогих?

3.7. Что означают следующие термины: доминирование, рецессивность, аллель, гомозиготность, гетерозиготность?

Задача: От скрещивания гнедых лошадей с альбиносами рождаются жеребята с золотисто-желтой окраской туловища при почти белой гриве и хвосте (так называемая окраска «паломино»). Попытки развести в чистоте всегда возникало расщепление в отношении 1 гнедая : 2 паломино : 1 альбинос. Как это можно объяснить? Как наследуется окраска паломино у лошадей?

3.8. В чем различие между доминированием и эпистазом?

Задача: У свиней белая щетина «В» доминирует над черной «в», а наличие сережек «С» – над их отсутствием «с». Определите генотип белого хряка с сережками, если от спаривания его с черными без сережек свиноматками получено 50 % белых поросят с сережками и 50 % черных поросят с сережками.

3.9. Приведите примеры влияния наследственности и среды на свойства особи.

Задача: Бык Викинг норвежской опландской породы в результате спаривания со своими дочерьми дал 60 телят (бык и дочери имели нормально развитый позвоночник), из которых 12 имели сильно укороченный позвоночник. Все телята с этим дефектом погибли. Как наследуется этот дефект?

3.10. Гены-модификаторы. Плейотропное действие генов.

Задача: У крупного рогатого скота черная масть (В) доминирует над красной (в), а комолость (Р) над рогатостью (р).

В хозяйстве в течение ряда лет скрещивались черные комолые коровы с черными комолыми быками. Было получено 1280 телят, из них 722 черных комолых и 234 – красных комолых. Определите генотипы родителей и количество рогатых телят. Установите, сколько было получено красных рогатых телят?

Тест для самопроверки

1. Какое расщепление по генотипу будут иметь потомки 2-го поколения при моногибридном скрещивании?

а) расщепление 1:1; б) расщепление 1:2:1; в) расщепление 3:1.

2. Чем отличается эпистаз от простого доминирования?

а) эпистаз это взаимодействие неаллельных генов, а доминирование взаимодействие аллельных генов;

б) эпистаз это взаимодействие аллельных генов, а доминирование взаимодействие неаллельных генов.

3. Что определяет экспрессивность гена?

- а) частоту фенотипического проявления гена в популяции особей, несущих данный ген;
 - б) множественное действие гена, когда один ген определяет развитие нескольких признаков;
 - в) стойкость передачи признаков от поколения к поколению;
 - г) степень проявления эффекта гена, определяющая степень выраженности признака у организма.
4. Тип наследования, при котором развитие признака контролируется несколькими генами:
- а) плейотропия; б) политения; в) полиплоидия; г) полимерия
5. Кодоминирование – это:
- а) влияние на формирование одного признака нескольких генов;
 - б) наличие в популяции нескольких аллелей одного гена;
 - в) одинаковая функциональная активность аллелей, благодаря которой в фенотипе гетерозигот проявляются оба аллеля;
 - г) неполное подавление одного аллеля другим, в результате гетерозиготы проявляют промежуточные признаки.
6. Как называются гены, отвечающие за один и тот же признак?
- а) аллельные; б) альтернативные; в) неаллельные.
7. Полимерное наследование – это:
- а) наличие нескольких аллелей одного гена в популяции;
 - б) необходимость взаимодействия двух доминантных неаллельных генов для формирования признака;
 - в) арифметическое сложение действия нескольких доминантных неаллельных генов для усиления проявления признака;
 - г) подавления проявления гена рецессивным аллелем из другой неаллельной пары.
8. Если говорят: «У этой овцы длинная тонкая шерсть». О чем идет речь:
- а) о генотипе;
 - б) о фенотипе.
9. Что определяет пенетрантность гена?
- а) частоту фенотипического проявления гена в популяции особей, несущих данный ген;
 - б) множественное действие гена, когда один ген определяет развитие нескольких признаков;
 - в) стойкость передачи признаков от поколения к поколению;
 - г) степень проявления эффекта гена, определяющая степень выраженности признака у организма.
10. Способность организма отвечать на воздействия окружающей среды называют
- а) воспроизведением в) раздражимостью
 - б) эволюцией г) нормой реакции

4. Хромосомная теория наследственности

Содержание темы

Сцепленное наследование признаков и его объяснение. Группы сцепления. Характер расщепления при независимом и сцепленном наследовании. Кроссинговер как причина неполного сцепления генов. Генетическое и цитологическое доказательство кроссинговера. Одинарный и множественный перекресты хромосом, явление интерференции. Хромосомная теория наследственности Моргана. Закон линейного расположения генов в хромосоме. Использование частоты кроссинговера для генетического картирования. Влияние генетических и внешних факторов на частоту кроссинговера. Общебиологическая роль кроссинговера как средства усиления

комбинативной изменчивости. Перспективы использования генетических карт в практике. Значение сцепления и кроссинговера в эволюции.

Методические указания

Необходимо изучить различный характер распределения генов в половые клетки в зависимости от расположения генов в одной паре или в разных парах хромосом и характер расщепления признаков при независимом и сцепленном наследовании. Кроссинговер как причина неполного сцепления генов, в результате которого происходит рекомбинация генов и расширяется возможность комбинативной изменчивости. Изучите строение генетических и цитологических карт хромосом и их использование, ознакомьтесь с хромосомным механизмом определения пола и наследованием признаков, сцепленных с полом.

Теоретическая часть

Развитие экспериментальной биологии и особенно достижения цитологии во второй половине XIX и первом десятилетии нашего века создали условия для принятия и понимания открытий Г. Менделя. Открытие поведения хромосом при редукционном делении и оплодотворении показали их связи с независимым наследованием признаков, подтвердили убеждение, что самовоспроизводящиеся хромосомы являются основными носителями менделевских наследственных факторов - генов. Однако прямых экспериментальных данных, доказывающих локализацию генов в хромосомах, к этому времени не было.

В то же время накапливались данные, которые показывали, что некоторые признаки при размножении не менделируют, а наследуются сцеплено. Явление сцепленного наследования признаков открыли в 1906 г. - В. Бэтсон и Пеннет, но они не смогли раскрыть существа этого явления. Постепенно таких фактов накапливалось в опытах многих исследователей все больше и больше и до 1910 года их относили к исключениям из менделевского правила независимого наследования признаков (или независимого распределения генов).

Правильное объяснение этому явлению было дано Т. Морганом и его сотрудниками в разработанной ими хромосомной теории наследственности. Они изучили в 1910-1911 гг. сцепленное наследование признаков у дрозофилы и впервые экспериментально доказали, что гены находятся в хромосомах, расположены в них линейно и образуют группы сцепления соответствующее гаплоидному числу хромосом, что независимо могут комбинироваться и наследоваться только несцепленные гены, т.е. гены, локализованные в разных парах хромосом.

Следует отметить, что этому открытию способствовал тот редкий факт, что у самца мухи дрозофилы наблюдается полное сцепление (полное сцепление наблюдается еще только у самок тутового шелкопряда). И в обычном дигибридном скрещивании мухи дрозофилы при скрещивании гетерозиготного по двум парам аллельных генов самца с гомозиготной рецессивной по этим двум парам аллелей самкой в их потомстве расщепление происходит в соотношении 1:1 по генотипу и фенотипу и особей с перекомбинацией признаков совершенно не появляется (см. в учебнике пример скрещивания особей, различающихся по окраске тела и длине крыльев).

Вместе с тем Т. Морган доказал, что сцепление очень редко бывает полным. Если в скрещиваниях дрозофилы, гетерозиготной по этим парам признаков, взять самку (у которой полного сцепления не наблюдается), а гомозиготным по рецессивным этим признакам взять самца, то в их потомстве появятся особи с четырьмя возможными комбинациями двух аллельных пар признаков (серое тело - черное тело и длинные крылья - зачаточные крылья). Однако независимого их распределения с числовым соотношением в $1 : 1 : 1 : 1$ не происходит. В анализирующем скрещивании особей с перекомбинированными признаками, всегда меньше, чем $1/4$ часть, как должно быть при независимом их распределении.

Следовательно, наблюдается неполное сцепление признаков. Перекомбинация признаков происходит в результате перекреста и обмена частями гомологичных пар хромосом при их конъюгации в профазе редукционного деления мейоза. Хромосомы, в которых произошел перекрест и обмен участками хромосом (кроссинговер), называют кроссоверными.

Кроссинговер изменяет характер локализации генов в группах сцепления, происходит перекомбинация генов, расширяется возможность комбинативной изменчивости, что очень важно для эволюции и в селекции.

Учитывая линейное расположение генов в хромосомах, Т. Морган объяснил частоту кроссинговера расстоянием расположения генов в хромосоме. Чем дальше друг от друга расположены гены в хромосоме, тем чаще происходит между ними кроссинговер и тем больше образуется кроссоверных гамет (и особей). За единицу измерения расстояния между изучаемыми генами принят один процент кроссинговера (морганида), т.е. процент кроссоверных особей от общего числа особей анализирующего скрещивания.

Для наглядности в схемах скрещивания условные обозначения генов записывают с учетом локализации их в хромосомах. Если гены локализованы в разных хромосомах, то это показывают отдельными черточками, а если гены локализованы в одной хромосоме - то одной непрерывной черточкой.

Локализация генов в одной или разных хромосомах определяет возможность образования того или иного числа типов гамет.

Так, у дигетерозиготы с локализацией генов в разных хромосомах, т. е. со свободным комбинированием, может образоваться с одинаковой частотой вероятности четыре возможных типа гамет, а при полном сцеплении - только два родительских типа, и при неполном сцеплении - четыре возможных типа, но доля некроссоверных гамет всегда больше 50%, а доля кроссоверных - всегда меньше 50%, причем доля кроссоверных (материнских и отцовских) гамет равна между собой, как и доля кроссоверных гамет - тоже равна между собой.

Сцепленными называются признаки, гены которых находятся в одной хромосоме, поэтому они передаются следующим поколениям в тех же сочетаниях, как это было у родителей. Наибольшие затруднения при изучении хромосомной теории наследственности вызывает составление схем скрещиваний и анализ результатов наследования сцепленных признаков.

Пример: у кур коротконогость «К» доминирует над длинноногостью «к», розовидная форма гребня «Р» – над простой «р». Гены, контролирующие длину ног и форму гребня, находятся в одной хромосоме. Длинноногий с простым гребнем петух скрещивался с гомозиготными коротконогими, имеющими розовидный гребень, курами. Какое потомство получится от такого скрещивания в F₁ и F₂? При изучении характера наследования сцепленных признаков, схемы скрещиваний лучше составлять с зарисовкой хромосом.



| | | | | |
|------------------|--|--|--|------------------------------------|
| Гаметы: | КР | кр | КР | кр |
| | КР | КР | кр | кр |
| F ₂ : | ==== | ==== | ==== | ==== |
| | КР | кр | КР | кр |
| | Коротконог. с розовидным гребнем | Коротконог. с розовидным гребнем | Коротконог. с розовидным гребнем | Длинноног. с простым гребнем |

В первом поколении все потомство было коротконогим и с розовидным гребнем, так как эти признаки доминируют над длинноногостью и простой формой гребня. Такую же картину мы наблюдаем и в том случае, когда речь идет об обычном дигибридном скрещивании, если гены двух признаков находятся в разных хромосомах.

При отсутствии сцепления между генами в F₂ признаки должны были бы комбинироваться независимо друг от друга, что привело бы к получению четырех фенотипов: 9 коротконогих кур с розовидным гребнем, 3 коротконогих с простым гребнем, 3 длинноногих с розовидным гребнем и 1 длинноногий с простым гребнем. В нашем примере получена иная картина: всего два фенотипа, при чем все коротконогие куры имели только розовидный гребень, а длинноногие – только простой. Такое сочетание признаков является следствием сцепления генов, т.е. нахождения их в одной хромосоме.

При изучении материала обратите внимание на возможные случаи неполного сцепления и на кроссинговер (перекрест хромосом) как причину неполного сцепления. Частота кроссинговера зависит от расстояния между генами, которые расположены в хромосоме в линейном порядке.

Открытие закона аддитивности и создание теории линейного расположения генов в хромосоме. Постарайтесь разобраться в принципах, положенных в основу составления карт хромосом.

Изучая этот раздел, следует внимательно рассмотреть механизм определения пола и наследования признаков, сцепленных с полом, поскольку это были первые генетические опыты Т. Моргана, которые экспериментально доказали локализацию генов в хромосомах, а также рассмотреть построение генетических и цитологических карт и их значение.

Контрольные вопросы, задачи

4.1. Когда и кем была создана хромосомная теория наследственности? В чем заключается ее сущность?

Задача: Составьте карту хромосомы, содержащую гены А, В, С, Д, Е, если частота кроссинговера между генами С и Е равна 5%, С и А – 14%, А и Е – 19%, В и Е -12%, А и В – 7%, Д и Е – 2%, Д и С – 3%.

4.2. В чем заключается основная причина совместного наследования признаков?

Задача: В результате анализирующего скрещивания получено следующее соотношение фенотипов:

| | | |
|------------|------------|-----------|
| A_B_C_ 30 | A_bbcc 2 | aabbcc 28 |
| A_B_cc 172 | aaB_cc 15 | aaB_C_ 3 |
| A_bbC_ 17 | aabbC_ 172 | |

Укажите порядок расположения генов и расстояние между ними в морганидах.

4.3. Какое сцепление называется полным? Приведите примеры.

Задача: Гены А, В и С находятся в одной группе сцепления. Между генами А и В кроссинговер происходит с частотой 7,4%, между генами В и С – с частотой 2,9%. Определите взаиморасположение генов А, В и С, если расстояние между генами А и С равно 4,5% кроссинговера.

4.4. Что является причиной нарушения сцепления? Приведите примеры.

Задача: Гены D, E и F локализованы в указанном порядке в одной хромосоме. Между D и E перекрест составляет 8%, а между D и F – 25%. Каков перекрест между генами E и F?

4.5. Какое сцепление называется неполным? Приведите примеры.

Задача: Составьте карту хромосомы, содержащую гены А, В, С, Д, Е, если частота кроссинговера между генами С и Е равна 10%, С и А – 1%, А и Е – 9%, В и Е – 6%, В и В – 3%, В и Д – 2%, Е и Д – 4%.

4.6. Какие гаметы называются кроссоверными? Приведите примеры.

Задача: Растение кукурузы, гетерозиготное по трем парам генов, скрестили с растением, гомозиготным по рецессивным аллелям этих генов. В полученном потомстве наблюдалось следующее соотношение:

| | | |
|------------|-----------|------------|
| A_B_C_ 113 | aabbC_ 64 | aabbcc 105 |
| A_B_cc 70 | A_bbC_ 17 | aaB_cc 21 |

Определите порядок расположения этих генов в хромосоме и расстояние между ними в процентах кроссинговера.

4.7. Какие гаметы называются некроссоверными? Приведите примеры.

Задача: Составьте карту хромосомы, содержащую гены А, В, С, Д, Е, если частота кроссинговера между генами В и С равна 2,5%, С и А – 3,7%, А и Е – 6%, Е и Д – 2,8%, А и В – 6,2%, В и Д – 15%, А и Д – 8,8%.

4.8. Как вычислить процент кроссинговера?

Задача: Гены А, В и С локализованы в указанном порядке в одной хромосоме. Между А и В перекрест составляет 6%, а между А и С – 19%. Каков перекрест между генами В и С?

4.9. Какое наследование называют сцепленным?

Задача: Гены А, В и С находятся в одной группе сцепления. Между генами А и В кроссинговер происходит с частотой 7,4%, между генами В и С – с частотой 2,9%. Определите взаиморасположение генов А, В и С, если расстояние между генами А и С равно 10,3% кроссинговера.

4.10. Практическое значение генетических карт.

Задача: Гены D, E и F локализованы в указанном порядке в одной хромосоме. Между D и E перекрест составляет 9%, а между D и F – 24%. Каков перекрест между генами E и F?

Тест для самопроверки

1. Частота кроссинговера зависит от:

- а) количества изучаемых генов
- в) расстояния между генами
- б) удвоения хромосом
- г) скорости образования веретен

2. Какие признаки наследуются сцепленно?

- а) гены, которые находятся в разных аутосомах;
- б) гены, которые находятся в одной и той же паре гомологичных хромосом;
- в) гены, которые находятся в половых хромосомах.

3. Назовите причину нарушения сцепления генов:

- а) конъюгация гомологичных хромосом;
- б) деление хромосом;
- в) образование бивалентов;
- г) кроссинговер при конъюгации гомологичных хромосом.

4. Одна морганида равна:

- а) количеству некроссоверных особей в потомстве

- б) количеству кроссоверных гамет
 - в) количеству некроссоверных гамет
 - г) 1 % кроссинговера
5. Что такое кроссинговер?
- а) один из типов взаимодействия неаллельных генов;
 - б) соединение парных хромосом по их длине и зигонеме мейоза;
 - в) физический обмен одинаковыми участками гомологичных хромосом.
6. Автором хромосомной теории наследственности является:
- а) Г. Мендель
 - в) Г. Харди
 - б) Т. Морган
 - г) Н.И. Вавилов
7. Группа сцепления – это:
- а) совокупность генов соматической клетки
 - б) совокупность хромосом гаметы
 - в) гены, локализованные в одной хромосоме
 - г) пары аллельных генов гомологичных хромосом
8. Количество групп сцепления в соматических клетках лошади:
- а) 30
 - б) 23
 - в) 32
 - г) 19

5. Генетика пола

Содержание темы

Пол как совокупность признаков, обеспечивающих воспроизводство потомства. Типы хромосомного определения пола. Кариотипы мужского и женского пола у разных видов. Гомогаметный и гетерогаметный пол. Потенциальная бисексуальность организмов. Программное, эпигамное и сингамное определение пола. Интерсексуальность. Фримартизм, гермафродитизм, гиандроморфизм, их теоретическое и практическое значение. Балансовая теория определения пола: хромосомный баланс пола, физиологический баланс пола. Общая генная природа этих явлений. Экспериментальное переопределение пола у птиц, рыб и других животных. Опыты по регуляции соотношения полов и возможность получения животных только одного пола. Практическое значение сдвига в соотношении полов в различных отраслях животноводства. Партогенез, гипогенез и андрогенез, их значение для понимания наследственности и перспектива практического использования.

Признаки, ограниченные полом, контролируемые полом и сцепленные с полом. Особенности сцепленного с полом наследования. Зависимость признака от локализации гена в одной из половых хромосом. Примеры генетически обусловленных болезней, наследуемых сцеплено с полом. Практическое использование сцепленного с полом наследования.

Методические указания

Формирование пола зависит не только от сочетания половых хромосом, но и от соотношения между числом половых X- хромосом и аутосом. Для особей мужского и женского пола характерна определенная норма этого соотношения. При нарушении общего генного баланса могут появиться особи с отсутствием определенно выраженных признаков мужского или женского пола - так называемые интерсексы. Причины этого явления раскрывает балансовая теория определения пола. Возможны также случаи отклонений в формировании пола при нарушениях в расхождении половых хромосом при мейозе или возникающие после оплодотворения.

Для практики животноводства важен также вопрос о возможности искусственной регуляции пола у животных. Пол животного обусловлен не только генетически, поэтому при создании соответствующих условий, обеспечивающих благоприятное формирование гамет, зигот и зародышей, появляется возможность изменять численность рождения

особей того или иного пола в желательном для практики животноводства направлении. Изучите методы направленного регулирования соотношения полов.

Теоретическая часть

Пол – совокупность признаков и свойств организма, обеспечивающих воспроизводство потомства и передачу наследственной информации. Диплоидный набор хромосом возникает при оплодотворении, когда каждая из сливающихся друг с другом гамет приносит в зиготу свой гаплоидный набор хромосом. Морган с сотрудниками экспериментально доказали, что X - и Y- хромосомы имеют отношение к определению пола. Эти хромосомы названы половыми хромосомами, остальные хромосомы называются аутосомами. Например, в соматических клетках коровы содержатся 60 хромосом, из которых 58 являются аутосомами и две – половыми X – хромосомами. Соматические клетки быка также содержат 60 хромосом, среди которых 58 аутосом и одна пара половых хромосом: X и Y. Пол, образующий гаметы одного сорта по половым хромосомам (X и X), назвали гомогаметным; образующий два сорта гамет (X и Y или X и O) – гетерогаметным.

Исследования показали, что гетерогаметность по мужскому полу присуща млекопитающим, рыбам, двукрылым насекомым, а также двудомным растениям. В то же время у бабочек, птиц, рептилий гетерогаметным полом является женский, а гомогаметным – мужской. Изучите четыре типа хромосомного определения пола у животных.

У насекомых, принадлежащих к отряду перепончатокрылых (пчела), пол определяют иным путем. В этой группе, а также у некоторых других насекомых самки диплоидны, тогда как самцы первично гаплоидны.

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

Детерминация пола может происходить на разных фазах цикла размножения. Пол зиготы может предопределяться еще в процессе созревания женских гамет – яйцеклеток. Такой тип детерминации пола называют программным. Оно обнаружено у коловраток, первичных кольцецов и тли. Яйцеклетки этих животных в результате неравномерного распределения цитоплазмы в процессе оогенеза становятся различными по размеру еще до оплодотворения. Например, в яйцевой капсуле первичных кольцецов содержатся два сорта яиц – крупные и мелкие. Из крупных яиц после оплодотворения развиваются только самки, из мелких – только самцы.

Если пол нового организма определяется при оплодотворении в результате соответствующего сочетания гамет, то есть при образовании зиготы, то такой тип детерминации пола называют сингамным. Сингамный тип характерен для млекопитающих, рыб, двукрылых насекомых, двудомных растений.

В некоторых случаях детерминация пола происходит после оплодотворения под влиянием внешних условий. Такой тип определения пола принято называть эпигамным (у морского червя *Vonellia viridis*).

В процессе индивидуального развития (онтогенеза) происходит дифференциация пола – формирование первичных и вторичных половых признаков, которые приводят к возникновению полового диморфизма, т.е. различию между особями противоположных полов по внешним признакам. У животных нередко нарушено развитие признаков пола. Важный вклад в объяснение причин такого рода патологии внесли исследования К. Бриджеса в 1919г.

Эксперименты К. Бриджеса показали, что у дрозофилы X - хромосома не содержит генов, определяющих пол. Исходя из этих данных, он сформулировал теорию пола, суть которой состоит в том, что развитие половых признаков зависит от баланса генов, контролируемых их развитие. Это следует из того, что все особи с балансом хромосом (или половым индексом) $X : A = 1$ представляют собой самок, при соотношении

$X : 2A = 0,5$ – самцов. Баланс хромосом в соотношении от 1 до 0,5 определяют промежуточное развитие пола, то есть интерсексуальность.

У ряда животных различных видов обнаружена патология по половым хромосомам. Основная причина таких аномалий – нерасхождение половых хромосом в процессе митоза дробящейся зиготы и нерасхождение половых хромосом в бластомеры на ранних этапах развития особи. Нерасхождение половых хромосом при мейозе и митозе сопровождается появлением в фенотипе особей аномалий, затрагивающих морфологические и физиологические системы. При этом существенно снижается или полностью утрачивается воспроизводительная функция, нарушается общее развитие, проявляется патология нервной и гормональной систем, меняется габитус тела.

Отмечено, что соотношение полов у животных близко 1 : 1. Регулирование пола имеет важное практическое значение. Так в мясном скотоводстве желательнее получать больше бычков, в яичном птицеводстве больше курочек, а в мясном – петушков. Изучите методы направленного регулирования соотношения полов.

Контрольные вопросы, задачи

5.1. Опишите основные принципы хромосомного определения пола.

Задача: У дрозофилы рецессивный аллель белого цвета глаз (a) и его доминантный аллель красного цвета (A) локализованы в X-хромосоме. Какой цвет глаз будет у самок и самцов F_1 , полученных от скрещивания гомозиготной красноглазой самки с белоглазым самцом?

5.2. Каковы возможности регуляции пола у животных?

Задача: У кур позднее оперение «Sk» сцеплено с полом и доминирует над ранним оперением «sk». Укажите генотипы и фенотипы петушков и курочек, полученных от спаривания следующих кур с гомозиготными петухами:

а) поздняя курица \times ранний петух;

б) ранняя курица \times поздний петух.

5.3. Как практически можно использовать особенности наследования сцепленных с полом признаков для раннего определения пола у видов, у которых половые различия выявляются в более позднем возрасте?

Задача: У кошек гены, определяющие окраску шерсти, сцеплены с полом. Ген «В» дает рыжую окраску, ген «в» – черную, а у гетерозигот «Вв» получается пестрая окраска «черепаховая». Каким будет потомство от спаривания черного кота с пестрой кошкой? С рыжей кошкой?

5.4. Какие признаки называются сцепленными с полом, ограниченными и контролируемы полом?

Задача: Окраска оперения у кур обуславливается локализованным в X-хромосоме геном «В». Доминантный аллель гена «В» обуславливает развитие полосатого оперения, а рецессивный аллель «в» – черного. Определите, какое потомство следует ожидать от скрещивания:

1) полосатой курицы и черного петуха;

2) полосатой курицы и гетерозиготного полосатого петуха;

3) черной курицы и гомозиготного полосатого петуха

5.5. Назовите известные формы генетического нарушения развития пола у млекопитающих, в том числе у человека?

Задача: У дрозофилы гены, определяющие развитие красных (доминантный признак) и белых (рецессивный признак) глаз, локализованы в X-хромосоме. Какое потомство следует ожидать от скрещивания:

1) красноглазых самца и самки;

2) красноглазой самки и белоглазого самца;

3) белоглазой самки и красноглазого самца.

5.6. В чем сущность балансовой теории определения пола?

Задача: У кур известен сцепленный с полом рецессивный ген с летальным эффектом без видимого проявления. Определите, каким будет соотношение полов в потомстве гетерозиготного по этому гену петуха и нормальной курицы.

5.7. Каков механизм генетической детерминации пола у млекопитающих и птиц?

Задача: У бронзовых индеек иногда наблюдается дрожание тела, которое называется вибрированием. Эта аномалия обусловлена сцепленным с полом рецессивным геном «v». Какова вероятность получения нормальных самцов от скрещивания гетерозиготных по данному гену самцов с аномальными самками?

5.8. Какой пол называется гетерогаметным, какой гомогаметным и почему?

Задача: У канареек ген зеленого оперения «В» и его аллель коричневого оперения «в» расположены в Z-хромосомах. Наличие хохолка «С» и его отсутствие «с» определяется аутосомно. Какое будет потомство в F₁ и F₂ от скрещивания гомозиготной коричневой самки без хохолка с зеленым хохлатым самцом?

5.9. Какой пол будет у дрозофил, имеющих следующие наборы хромосом: 3X : 3A, 3X : 2A, X : 2A? Объясните.

Задача: У кур рецессивная аллель гена «к» наследуется сцеплено с полом. Если в зиготе не содержится доминантная аллель гена «К», то цыплята погибают до вылупления из яйца. Самец, гетерозиготный по данному гену, был скрещен с нормальными самками. Из яиц вылупились 73 цыпленка.

1) Сколько разных генотипов может быть в результате такого скрещивания?

2) Сколько цыплят может погибнуть до вылупления из яиц?

5.10. Какой пол будет у дрозофилы и человека с набором половых хромосом XXУ? Почему?

Задача: У небольшой рыбки (Aplocheilus) гомогаметным является женский пол, а гетерогаметным – мужской. Пара аллелей «R» и «r», обуславливающих окраску тела, локализована в гомологичных участках половых хромосом. Красный цвет является доминантным, а белый – рецессивным. Определите, какое потомство следует ожидать от скрещивания гетерозиготных рыбок.

Тест для самопроверки

1. Какие признаки наследуются от матери к сыну?

- а) гены, которые находятся в аутосомах;
- б) гены, которые находятся в Y хромосоме;
- в) гены, которые находятся в X хромосоме.

2. Что означает "гемизиготность"?

- а) способность организма продуцировать как мужские, так и женские половые клетки;
- б) содержание у гетерогаметного пола одинарной дозы гена в половой хромосоме;
- в) генотип, в котором гомологичные хромосомы содержат разные аллели одного гена.

3. Трисомия по половым хромосомам XXУ называется также синдромом...

- а) Шерешевского-Тернера
- б) Клайнфельтера
- в) Эдвардса
- г) Дауна

4. Главная причина рождения в разнополой двойне телок –фримартинов?

- а) семенники развиваются раньше
- б) яичники развиваются позднее
- в) анастомоз плацентарных кровеносных сосудов обоих плодов

5. Каким образом у млекопитающих определяется пол у потомков?

- а) пол предопределяет материнский организм
- б) пол предопределяет отцовский организм
- в) пол определяется случайно

- г) пол предопределяется кормлением и другими внешними факторами
6. Какие признаки называются сцепленными с полом?
- а) признаки, проявляющиеся только у одного пола
 - б) признаки, контролируемые генами в половых хромосомах
 - в) признаки, которые различно наследуются у особей разного пола
 - г) признаки, на которые влияют гены пола
7. Сколько сортов гамет, различающихся по половым хромосомам, образуется при гаметогенезе у коровы, быка; свиноматки, хряка?
- а) один, два; один, два
 - б) один, один; один, один
 - в) два, два; два, два
8. Сцепленным с полом называются признаки, для которых определяющие их гены расположены в:
- а) аутосомах
 - б) половых хромосомах
 - в) ДНК митохондрий

Тема 6. Основы иммуногенетики, биотехнологии и генетической инженерии.

Содержание темы

Иммуногенетика – наука о генетическом полиморфизме антигенного состава клеток животных. Особенности эритроцитарных антигенов животных и методы их определения. Иммуногенетический контроль за структурой популяции. Генетический полиморфизм белков и ферментов крови, молока, яйца, спермы и его использование в селекции. Генетико-математический анализ полиморфных генетических систем. Понятие о системах гистосовместимости у сельскохозяйственных животных.

Генетическая инженерия – целенаправленное изменение генотипа органических форм. Клеточная, геномная и хромосомная инженерия. Генная инженерия. Истоки генетической инженерии. Ферменты – главные инструменты генетической инженерии. Переносчики генетической информации (векторы). Схема встройки чужеродного гена в фаговый вектор. Генетическая инженерия и ветеринария. Синтез эукариотического гена в бактериях, искусственный синтез генов. Принципиальная схема введения чужеродного гена в организм животных. Определение последовательности нуклеотидов ДНК. Современные методики биотехнологии воспроизводства с.-х. животных. Трансплантация эмбрионов. Получение зигот и эмбрионов в организме донора и их оценка по пригодности к пересадке в организм реципиента. Отбор и подготовка реципиентов, пригодных для использования и приема трансплантантов. Биотехнология оплодотворения в условиях *in vitro*. Методы получения химерных организмов (генетических мозаиков или аллофенов). Получение трансгенных животных.

Методические указания

В данном разделе рассматривается значение иммуногенетики для практики животноводства: методы определения групп крови и определения подлинности происхождения племенных животных, корреляция групп крови и полиморфных белков крови и молока с продуктивностью животных и воспроизводительной способностью, использование белкового полиморфизма для ранней диагностики будущей продуктивности при отборе и подборе молодняка.

Биотехнология является одним из пяти приоритетных направлений, призванных обеспечить ускорение научно-технического прогресса. Эффективность животноводства находится в прямой зависимости от масштабов применения современных биотехнологий, которые уже сегодня позволили решить продовольственную проблему в развитых странах мира.

Перед студентами-заочниками стоит задача самостоятельно овладеть знаниями и

приобрести практические навыки по ключевым аспектам применения биотехнологии в животноводстве.

При изучении курса рекомендуется ознакомиться с работой предприятий по криоконсервации семени сельскохозяйственных животных, центров по трансплантации эмбрионов, пунктов искусственного осеменения, технологических установок и линий по переработке отходов животноводства, а также подразделений по стимуляции воспроизводительной функции и прироста массы тела животных.

Теоретическая часть

Открытие лауреатом Нобелевской премии Ландштейнером в 1900 г. групп крови у человека (ABO) и объяснение в 1924 г. Бернштейном типа их наследования стало отправной точкой для иммуногенетических исследований.

Ирвин в 1936 г. использовал термин «иммуногенетика» при описании антигенов у гибридов голубя. Соединение иммунологии (науки об иммунитете) и генетики оказалось плодотворным в понимании фундаментальных основ иммунобиологии и практическом их использовании. Сегодня иммуногенетика – одна из наиболее интенсивно развивающихся комплексных наук, в арсенале которой методы иммунологии, молекулярной биологии и генетики. Она изучает генетический контроль иммунного ответа, генетику несовместимости тканей при пересадках, закономерности наследования антигенной специфичности, проблему поддержания генетического постоянства (гомеостаз) многомиллионной популяции соматических клеток организма и др.

В пределах вида особи различаются по ряду биохимических генетически детерминированных признаков, которые могут быть выявлены иммуногенетически в виде систем антигенов. Совокупность антигенов (факторов крови), контролируемых одним локусом, называют генетической системой групп крови, а сумму всех групп крови одной особи – типом крови. После рождения группы крови у животных не изменяются и не зависят от условий кормления и содержания.

До настоящего времени не разработана единая международная номенклатура антигенов и систем крови. Генетические системы групп крови и антигены обозначаются прописными и строчными буквами латинского алфавита: A, B, C и т.д. В связи с наличием большого количества антигенов буквы пишут со значками A', B', C' и подстрочными индексами A₁, A₂, и т.д. Антигены некоторых систем наследуются в определенных комбинациях - феногруппах.

У всех видов животных большинство аллелей генетических систем групп крови наследуется по типу кодоминирования, т.е. в гетерозиготе фенотипически проявляются оба гена. Все известные системы групп крови у сельскохозяйственных животных локализованы в аутосомах. В настоящее время у крупного рогатого скота открыто 12 систем групп крови, у свиней – 17, у овец – 16, у лошадей – 9, у птиц 14. Из всех этих систем наиболее сложной является B-система у крупного рогатого скота, включающая более 40 антигенов, которые в различных комбинациях образуют более 500 аллелей. Если в системе имеется более трех аллелей, то такие системы называют полиаллельными.

Одна из главных областей практического применения групп крови – контроль происхождения животных. Контроль происхождения необходим при испытании свиноматок по качеству потомства, осемененных смешанной спермой хряков (Тихонов В.Н., 1967), для установления моно- и дизиготности двоен, при получении животных методом трансплантации эмбрионов. Группы крови, как и другие биохимические полиморфные системы, позволяют изучать историю эволюции домашних животных, происхождение и родство пород, генетическую структуру их и внутри породную дифференциацию, проводить планирование и контроль селекционного процесса.

К настоящему времени выполнено огромное количество работ, в которых изучены корреляции групп крови и биохимических полиморфных систем с резистентностью к болезням, а также с различными признаками продуктивности.

В течение эволюции в результате мутаций изменяются гены, поэтому в популяции они встречаются не в одной, в двух и более формах (множественные аллели).

Полиморфизм – одновременное присутствие двух или более генетических форм одного вида в таком численном отношении, что их нельзя отнести к повторным мутациям. Поэтому термин «генетический (биохимический) полиморфизм» применяется в тех случаях, когда локус хромосомы в популяции имеет два и более аллелей с частотой больше 0,01. Ген, представленный более чем одним аллелем, называют полиморфным геном.

Основными методами изучения полиморфизма белков и ферментов являются электрофорез в крахмальном или акриламидном геле и иммуноэлектрофорез. Белки (в том числе ферменты) находятся в растворе в виде частиц, несущих определенный электрический заряд, которые под действием электрического тока перемещаются к катоду или аноду.

Сейчас у сельскохозяйственных животных изучено более 150 полиморфных локусов белков (в том числе ферментов) крови, молока, тканей, расположенных в аутосомах. Установлено сцепление трех локусов казеина молока KASA1 (альфа), KASB (бета) и KASK (каппа-казеин).

Изучение новых биохимических полиморфных систем позволит глубже понять динамику генотипической изменчивости в популяциях и механизмы поддержания этой изменчивости, изменение генетической структуры популяций при селекции, планирование и контроль с их помощью селекционного процесса. Можно рассчитывать на выявление однозначных связей отдельных аллелей или их совокупности с резистентностью к болезням, признакам продуктивности и использовать полиморфные системы как генетические маркеры в селекции.

Выдающиеся достижения биотехнологии в конце 20 века привлекли к ней внимание не только широкого круга ученых, но и всей мировой общественности. Не случайно 21 веке предложено считать веком биотехнологии.

Биотехнология – междисциплинарная область знаний, базирующаяся на микробиологии, биологической химии, вирусологии, иммунологии, генетике, инженерных науках и электронике. Важной ветвью биотехнологии является генетическая инженерия.

Генетическая инженерия – это конструирование искусственным путем *in vitro* функционально активных генетических структур (рекомбинантных ДНК) и наследственно измененных организмов.

Термин «генетическая инженерия» появился в научной литературе в 1970 г., а генетическая инженерия как самостоятельная дисциплина – в декабре 1972 г., когда П. Берг и сотрудники Стенфордского университета (США) получили первую рекомбинантную ДНК, состоящую из ДНК вируса SV40 и бактериофага λ dvgal.

Бурное развитие генетической инженерии связано с разработкой новейших методов исследований, среди которых необходимо выделить основные:

расщепление ДНК (рестрикция) – необходимо для выделения генов и манипуляций с ними;

гибридизация нуклеиновых кислот, при которой, благодаря их способности связываться друг с другом по принципу комплементарности, можно выявлять специфические последовательности ДНК и РНК, а также совмещать различные генетические элементы. Используется в полимеразной цепной реакции для амплификации ДНК *in vitro*;

клонирование ДНК – осуществляется путем введения фрагментов ДНК или их групп в быстрореплицирующиеся генетические элементы (плазмиды или вирусы), что дает возможность размножить гены в клетках бактерий, дрожжей или эукариот;

определение нуклеотидных последовательностей (секвенирование) в клонируемом фрагменте ДНК. Позволяет определить структуру генов и аминокислотную последовательность кодируемых ими белков;

химико-ферментативный синтез полинуклеотидов – часто необходим для целенаправленной модификации генов и облегчения манипуляций с ними.

Промышленная микробиология – развитая отрасль промышленности, во многом определяющая сегодняшнее лицо биотехнологии. И производство практически любого препарата, сырья или вещества в этой отрасли сейчас, так или иначе, связано с генетикой инженерией, которая позволяет создавать микроорганизмы – сверхпродуценты того или иного продукта. С ее вмешательством это происходит быстрее и эффективнее, чем путем традиционной селекции и генетики: в результате экономятся время и деньги. Имея микроорганизм сверхпродуцент, можно получить больше продукции на том же оборудовании без расширения производства, без дополнительных капитальных вложений. К тому же микроорганизмы растут в тысячу раз быстрее, чем растения или животные.

Контрольные вопросы

- 6.1. Что такое генетическая система групп крови, тип крови, фенотипическая группа? Что такое генетическая инженерия? Каковы ее цели?
- 6.2. История иммуногенетики и ее значение для практики животноводства. Корреляция групп крови с хозяйственно-полезными признаками у животных. Что такое рестриктазы? Для чего их используют?
- 6.3. В чем заключаются особенности наследования групп крови? Как получают рекомбинантные ДНК?
- 6.4. Как определяются группы крови у животных? Что такое полимеразная цепная реакция и для чего она используется?
- 6.5. Какие теоретические предпосылки лежат в основе связи групп крови с продуктивностью и устойчивостью к болезням? Что такое секвенирование и его методы?
- 6.6. Какое значение группы крови имеют для практики? Что такое трансгенные животные? Для каких целей их получают?
- 6.7. Что лежит в основе генетического полиморфизма? В чем вы видите практическое значение биотехнологии?
- 6.8. Какими методами выявляют наследственные аномалии и болезни? Что такое гибридизация ДНК?
- 6.9. Объясните, почему у новорожденных животных возникает гемолитическая болезнь молодняка? Какие методы профилактики этой болезни вы знаете? Перечислите методы гибридизации ДНК.
- 6.10. Какое значение для практики имеет биохимический полиморфизм? Как получают химерные организмы?

Тест для самоконтроля

1. Аллели генетических систем групп крови наследуются по типу:
 - а) полимерии
 - б) новообразования
 - в) кодоминирования
2. Резистентность – это
 - а) устойчивость организма к действию физических, химических и биологических агентов, вызывающих патологическое состояние
 - б) восприимчивость организма к действию физических, химических и биологических агентов, вызывающих патологическое состояние
 - в) образование в потомстве гибридов особей с различными признаками
3. Фенотипическая группа – это
 - а) совокупность признаков организма

- б) совокупность антигенов, которые наследуются как единое целое
- в) совокупность антигенов, контролируемых одним локусом
- 4. Сколько систем групп крови у лошадей:
 - а) 14
 - б) 9
 - в) 17
- 5. Генная инженерия, в отличие от клеточной, включает исследования, связанные с
 - а) культивированием клеток высших организмов
 - б) гибридизацией соматических клеток
 - в) пересадкой генов
 - г) пересадкой ядра из одной клетки в другую
- 6. Какая отрасль биотехнологии занимается переносом рекомбинантных молекул ДНК в клетки животных и растений?
 - а) клеточная инженерия
 - б) генная инженерия
 - в) отдаленная гибридизация
 - г) микробиологический синтез
- 7. Отрасль хозяйства, которая производит различные вещества на основе использования микроорганизмов, клеток и тканей других организмов –
 - а) бионика
 - б) биотехнология
 - в) цитология
 - г) микробиология
- 8. Получение гибридов на основе соединения клеток разных организмов с применением специальных методов занимается
 - а) клеточная инженерия
 - б) микробиология
 - в) систематика
 - г) физиология

Тема 7. Мутационная изменчивость

Содержание темы

Понятие о мутации и мутагенезе. Роль Г. де Фриза и С. Коржинского в развитии теории мутаций. Классификация мутаций: спонтанные и индуцированные; геномные, хромосомные, генные (точковые); генеративные и соматические; рецессивные и доминантные; прямые и обратные; полезные, нейтральные и вредные (летальные). Проявление мутаций в зависимости от генотипа и внешней среды. Полиплоидия. Разновидности и особенности полиплоидов, причины возникновения, распространение, практическое и эволюционное значение. Примеры полиплоидных форм, в том числе полезных для сельского хозяйства и ветеринарной медицины. Гетероплоидия как одна из причин наследственных аномалий (синдромы Дауна, Эдварса, Патау, Клайнфельтера и др.) Хромосомные aberrации (перестройки), их классификация, механизмы образования. Робертсоновские транслокации, их практическая ценность и значение в эволюции. Влияние хромосомных перестроек на продуктивность, жизнеспособность и воспроизводительную способность животных. Генные мутации, молекулярно-биологический механизм и причины возникновения. Аморфные, гипоморфные и неоморфные мутации. Роль ферментных систем репарации клеточного ядра в поддержании активного состояния ДНК и возникновении мутаций. Фотореактивация и темновая репарация. Мутагенез как следствие аномальной работы репарационных систем. Понятие о мутабельности генов. Частота мутаций. Физические, химические и биологические мутагены. Значение индуцированных мутаций в селекции вирусов, микроорганизмов, растений и животных. Закон Н.И. Вавилова о гомологических рядах в

наследственной изменчивости и его использование при изучении наследственных болезней. Генетические последствия загрязнений внешней среды. Проблема направленного мутагенеза.

Методические указания

В результате изучения раздела необходимо усвоить основные понятия о мутации и мутагенезе. Изучить классификацию мутаций и их влияние на продуктивность, жизнеспособность и воспроизводительную способность животных.

При изучении данной темы необходимо понять значение полиплоидии для практики растениеводства, значение чувствительности наследственных структур клетки к ионизирующей радиации и химическим мутагенам, влияние гетероплоидии на воспроизводительную способность животных и большинство наследственных аномалий и болезней у животных.

Знание нормы реакций организмов на влияние факторов внешней среды поможет понять ее значение в практике сельского хозяйства для получения высоких урожаев растений и высокой продуктивности животных при оптимальных условиях их содержания, в процессе адаптации организмов при перенесении в новые климатические районы.

Изучите закон гомологических рядов Н.И. Вавилова - как основу предвидения появления новых форм у близких видов и родов растений и животных.

Теоретическая часть

Геномы живых организмов являются относительно стабильными, что необходимо для сохранения видовой структуры и преемственности развития. С целью поддержания стабильности в клетке работают различные системы репарации, исправляющие нарушения в структуре ДНК. Тем не менее, если бы изменения в структуре ДНК вообще не сохранялись, виды не могли бы адаптироваться к меняющимся условиям внешней среды и эволюционировать.

Термином «мутация» Г. де Фриз в своем классическом труде «Мутационная теория» (1901-1903) обозначил скачкообразного, прерывистого изменения признака.

Условно мутационный процесс делят на спонтанный и индуцированный. Первый протекает под влиянием естественных факторов (внешних и внутренних), второй – при целенаправленном воздействии на клетку.

Большинство мутаций являются рецессивными, что очень важно, т.к. мутации нарушают сложившуюся норму (дикий тип) и поэтому оказываются вредными. Однако рецессивный характер мутантных аллелей позволяет им длительное время сохраняться в популяции в гетерозиготном состоянии и проявляться в результате комбинативной изменчивости.

По характеру действия мутантного гена мутации делят на морфологические, физиологические и биохимические. Морфологические мутации изменяют формирование органов и ростовые процессы у животных и растений. Примером данного вида изменений могут служить мутации по окраске глаз, форме крыла, окраске тела у дрозофилы; коротконогость у овец, карликовость у растений и др. Физиологические мутации обычно понижают жизнеспособность особей, среди них много летальных и полублетальных мутаций. Примером физиологических мутаций являются дыхательные мутации у дрожжей, хлорофильные мутации у растений, гемофилия у человека. К биохимическим мутациям относят такие, которые подавляют или нарушают синтез определенных химических веществ, обычно в результате отсутствия необходимого фермента.

Мутации могут быть генеративными и соматическими. Первые возникают в половых клетках, вторые – в клетках тела.

Различают мутации генные, хромосомные и геномные. Точковые (или генные) мутации связаны с изменением структуры ДНК, выражающемся в выпадении или добавлении отдельных азотистых оснований, что ведет к изменению наследственного кода. Хромосомные абберации – мутации, возникающие в результате перестройки

хромосом, нарушения их структуры при утере частей хромосомы (нехватки, делеции), обмене отдельными участками (транслокации), удвоении какого-либо участка (дупликации), переворачивании оторвавшихся частей (инверсии). Самые существенные изменения генетического аппарата происходят при геномных мутациях, т.е. при изменении числа хромосом в наборе. Они могут касаться либо отдельных хромосом (анеуплоидия), либо целых геномов (эуплоидия).

Размах мутационной изменчивости каждого вида подчиняется закону гомологических рядов в наследственной изменчивости, установленному русским генетиком Н.И. Вавиловым, суть которого состоит в следующем:

1. Виды и роды, генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов. Чем ближе генетически расположены в общей системе роды и lineage (виды), тем полнее сходство в рядах их изменчивости.

2. Целые семейства растений в общем характеризуются определенным циклом изменчивости, проходящей через все роды и виды, составляющие семейство.

Данный закон был установлен Н.И. Вавиловым для растений, но он полностью соответствует характеру мутационной изменчивости и у животных. Закон Вавилова имеет важное значение при получении индуцированных мутаций.

Индуцированные мутации впервые были получены в 1925 г. в Ленинградском радиовом институте Г.А. Надсоном и Г.С. Филипповым на дрожжевых грибах. Индуцированный мутагенез позволяет наиболее полно выявить возможности генотипа, создать генетические комбинации с учетом всех возможных изменений органов, признаков и свойств у данного вида. Мутации имеют исключительно важное значение при составлении генетических карт хромосом.

Мутагены, вызывающие индуцированные мутации, подразделяют на три группы: физические, химические и биологические.

Вещества, в различной степени снижающие уровень мутабельности называются антимутагенами. Установлено, что способностью снижать частоту мутаций обладают более 200 природных и синтетических соединений. Выделяют четыре из наиболее изученных групп антимутагенов: витамины и провитамины (токоферол, аскорбиновая кислота, ретинол и т.д.), отдельные аминокислоты (аргинин, гистидин, метионин, цистеин т.д.), некоторые ферменты (пероксидаза, НАДФ-оксидаза, каталаза и т.д.), отдельные фармакологические средства (интерферон, сульфаниламиды, гексамидин и т.д.).

В селекционном плане актуальными задачами становятся выявление животных с нестабильными геномами и их браковка и отбор для воспроизводства особей со стабильными малочувствительными к экстремальным факторам среды геномами.

Контрольные вопросы

- 7.1. Что такое мутация и мутагенез?
- 7.2. Что такое полиплоидия? Значение полиплоидов в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений.
- 7.3. Какие типы генных мутаций вам известны?
- 7.4. Чем отличаются генные мутации от геномных?
- 7.5. Спонтанный и искусственный мутагенез. Мутагенные факторы.
- 7.6. Какая изменчивость называется мутационной? Современная классификация мутаций, их характеристика и причины возникновения.
- 7.7. Понятие о кариотипе и хромосомные мутации у сельскохозяйственных животных.
- 7.8. Классификация мутаций по характеру гена.
- 7.9. Чем отличаются аберрации хромосомного типа от хроматидных аберраций?

7.10 Каким образом генные мутации обуславливают явление множественного аллелизма? Приведите примеры наследования признаков, контролируемых серией множественных аллелей.

Тест для самопроверки

1. Чем характеризуются полуплетальные мутации?
 - а) повышают жизнеспособность
 - б) вызывают гибель в эмбриональном состоянии
 - в) понижают жизнеспособность
 - г) повышают плодовитость
2. Не передаются последующим поколениям
 - а) точковые мутации
 - б) спонтанные мутации
 - в) соматические мутации
 - г) генеративные мутации
3. При генной мутации:
 - а) меняется порядок нуклеотидов внутри гена
 - б) меняется структура хромосом
 - в) меняется число хромосом
 - г) меняется порядок сочетания генов внутри хромосомы
4. Основной источник возникновения разных форм уродств и аномалий?
 - а) генотип родителей
 - б) условия внешней среды
 - в) генетические факторы
5. Что такое мутация?
 - а) стойкие наследственные изменения признаков
 - б) изменение признаков организма
 - в) изменение морфологических признаков

Тема 8. Генетика популяций

Содержание темы

Понятие о популяции и чистой линии. Методы их изучения. Панмиктическая, исходная, гетерогенная и контрольная популяция. Характеристика генетической структуры популяций по соотношению генных частот гомозиготных и гетерозиготных генотипов. Закон Харди-Вайнберга и его практическое использование при анализе структуры популяции: генные и хромосомные мутации; миграция особей; способ размножения; отбор; случайный генетический тренд (дрейф). Значение инбридинга и скрещиваний для структуры популяции. Типы искусственного отбора - направленный, стабилизирующий, дивергентный, технологический, косвенный. Влияние внешней среды на эффективность отбора. Понятие о генофонде, сходство и различие его с понятием популяции. Численность генофонда основных видов с.-х. животных. Методы и приемы сохранения генофонда промышленного животноводства и резервы его увеличения. Практические примеры использования новых видов животных для получения продуктов питания и сырья для промышленности. Генетический груз как резерв наследственной изменчивости вида. Возникновение популяций как следствие географической, сезонной и репродуктивной изоляций. Значение изоляции для дивергенции и эволюции видов. Генетическая адаптация животных. Генетический гомеостаз популяции.

Методические указания

Изучение материала начинается с выяснения понятия «популяция» и «чистая линия». Выясните причины различной эффективности отбора в популяциях и чистых линиях и постарайтесь понять, в какой мере учение Иоганнсена и закон регрессии Гальтона можно использовать в племенной работе с сельскохозяйственными животными.

После усвоения этого материала можно перейти к изучению вопроса о структуре свободно размножающейся популяции (панмиктической).

Пользуясь формулой Гарди-Вайнберга, можно выяснить соотношение генотипов в свободно размножающейся популяции.

Теоретическая часть

В генетическом аспекте популяция – это пространственно-временная группа скрещивающихся между собой особей одного вида.

В животноводстве под популяцией понимают совокупность особей, отличающихся по своей генной структуре от других совокупностей особей данного вида, породы, линии или отдельной внутривидовой группы, населяющих определенную территорию (например, определенную географическую зону, область, район, конкретное животноводческое хозяйство) и размножающихся при свободном спаривании (панмиксии).

Формирование популяционной генетики как самостоятельного раздела генетических исследований произошло с появлением работ датского ученого В. Иоганнсена, который в 1903 г. опубликовал работу «О наследовании в популяциях и чистых линиях».

Чистые линии могут быть созданы в растениеводстве у самоопыляющихся растений. Вследствие полной гомозиготности отбор в чистой линии невозможен, так как все особи, входящие в нее, имеют идентичный набор генов. В животноводстве чистые линии не существуют. Путем родственного спаривания могут быть созданы высокозиготные линейные мыши, крысы и другие лабораторные животные для проведения различных экспериментов.

Генетическая популяция обладает некоторыми общими свойствами, определяемыми ее генофондом, общей генетической структурой и условиями обитания.

Генофондом называют совокупность всех генов, которые имеют члены популяции. Генетическая структура определяется концентрацией каждого гена (или его аллелей) в популяции, характером генотипов и частотой их распространения.

В свободно размножающейся популяции, в которой не ведется отбор, из поколения в поколение сохраняется определенная структура (соотношение генотипов).

Рассмотрев одинокий ген, имеющий только два аллеля, А и а Гарди и Вайнберг с помощью математического уровня показали, что пропорции аллелей А и а в такой идеальной популяции не изменяются от поколения к поколению. Более того, остаются постоянными частоты трех возможных комбинаций этих аллелей – генотипы АА, Аа, аа. Частоты генов находятся в состоянии равновесия по этим аллелям. Это равновесие выражается уравнением:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1, \quad p + q = 1,$$

где p- частота доминантного гена А, q- частота его рецессивного аллеля а.

Предположим, что в какой-то популяции доля аллеля А составляет 80%, т.е. частота А – 0,8, или $p = 0,8$. Поскольку аллелей только два, частота аллеля а будет 0,2 ($q = 1 - p$). Представим, что частоты А и а одинаковы как у самцов, так и у самок, при этом самцы и самки скрещиваются совершенно случайно. Составим решетку Пэннета, получим: 64 % - АА, 32 % - Аа, 0,04 % - аа.

| Частота аллелей | А = 0,8 | а = 0,2 |
|-----------------|------------|------------|
| А = 0,8 | АА 0,64 | Аа 0,16 |
| а = 0,2 | Аа 0,16 | аа 0,04 |

Можно подсчитать частоты и по формуле Гарди-Вайнберга:

$$p^2 = 0,8 \times 0,8 = 0,64 \text{ (частота генотипа AA),}$$

$$2pq = 2 \times 0,8 \times 0,2 = 0,32 \text{ (частота генотипа Aa),}$$

$$q^2 = 0,2 \times 0,2 = 0,04 \text{ (частота генотипа aa).}$$

В популяциях сельскохозяйственных животных постоянно изменяются частоты генов, что можно наблюдать при анализе смежных поколений. Такие изменения составляют суть генетической эволюции. Изучите основные факторы эволюции: мутации, естественный и искусственный отбор, миграции, дрейф генов.

Контрольные вопросы, задачи

8.1. Назовите основные свойства генетической (панмиктической) популяции.

Задача. В свободно размножающейся популяции доля особей с генотипом «AA» равна 0,09. Какая часть популяции должна быть гетерозиготной «Aa»? Вычислите это, используя формулу Гарди-Вайнберга.

8.2. В каком случае совокупность особей можно рассматривать как популяцию?

Задача. На одном из островов было отстрелено 10000 лисиц. Среди них оказалось 9991 рыжих и 9 белых лисиц. Рыжий цвет доминирует над белым. Определите процентное соотношение рыжих гомозиготных и белых лисиц.

8.3. Какова эффективность отбора против рецессивных аллелей?

Задача. При обследовании скота было выявлено 1200 животных бурой масти, 600 – светло-бурой и 200 серой. Какова частота генотипов, если бурая масть доминантна, серая – рецессивна, а светло-бурая – результат неполного доминирования?

8.4. В каких случаях закон Харди-Вайнберга не выполняется?

Задача. В популяции, находящейся в состоянии генного равновесия, особи с рецессивным признаком составляют 16%. Общая численность популяции 12000 голов. Сколько особей, обладающих доминантным признаком, будут гетерозиготными.

8.5. Какие показатели характеризуют генетическую изменчивость популяций?

Задача. В ГПЗ «Горняк» при разведении свиней северокавказской породы иногда появляются поросята красно-рыжей масти. Установлено, что появление данной масти обусловлено рецессивным аллелем «г». Доминантным является ген черно-пестрой (рябой) масти «R». В хозяйстве за год было получено 7200 поросят, в т.ч. -26 – красно-рыжих. Определите частоту данного аллеля. Сколько поросят являлось носителями гена красно-рыжей масти?

8.6. Может ли отбор поддерживать генетическое разнообразие в популяциях?

Задача. У крупного рогатого скота аномалия отсутствия конечностей (акротериоз) обусловлена аутосомным рецессивным геном *a*, нормальное развитие конечностей – доминантным аллелем *A*. В стаде из 1000 голов черно-пестрого скота на каждые 57 нормальных животных встречается одно животное – носитель гена акротериоза. Какова частота носителей гена акротериоза? Какова вероятность проявления гена акротериоза в следующем поколении?

8.7. Типы искусственного отбора - направленный, стабилизирующий, дивергентный, технологический, косвенный.

Задача. У крупного рогатого скота карликовость (ахондроплазия) обусловлена рецессивным аутосомным геном *a*, его аллель *A* контролирует нормальное развитие организма. В стаде черно-пестрого скота из 820 телят 2 были карликовыми. Каковы частоты гена карликовости и гетерозиготных животных в стаде? Какова частота карликовых телят ожидается при случайном спаривании фенотипически здоровых животных?

8.8. Формула Харди-Вайнберга для определения соотношения генотипов в свободно скрещивающейся панмиктической популяции.

Задача. У крупного рогатого скота и свиней врожденная водянка головного мозга (гидроцефалия) – аутосомный признак, обусловленный геном *g*. Его аллель *G* обуславливает нормальное развитие. В стаде айрширской породы среди 1000 новорожденных телят 4 мертворожденных от водянки головного мозга. Какова частота этого заболевания? Каковы частоты рецессивного и доминантного генов, гетерозигот? Какова вероятность появления телят с гидроцефалией в следующем поколении при условии случайного спаривания фенотипически здоровых животных?

8.9. Факторы, влияющие на генетическую структуру популяции.

Задача. У зеркального карпа отсутствие чешуек (голось) обусловлено доминантным геном *N*, который в гомозиготном состоянии (*NN*) имеет летальное действие. Чешуйчатость (нормальное состояние) контролируется его рецессивным аллелем *n*. При ловле рыбы в сеть попало 428 чешуйчатых и 32 голых карпа. Определить частоты генов чешуйчатости и голости всех возможных генотипов. Какова вероятность появления карпов с генотипом *NN* в следующем поколении?

8.10. Дайте определения понятиям «популяция» и «чистая линия».

Задача. Контрактура мышц у крупного обусловлена аутосомным рецессивным геном *c*. У родившихся телят ноги согнуты в суставах и лишены подвижности. В одном стаде из 376 родившихся за год телят у 9 была контрактура мышц. Определить частоту заболевания контрактурой мышц в стаде. Определить частоты рецессивного гена *c*, вызывающего болезнь, и его аллеля *C*. Какова частота гетерозигтных телят *Cc*?

Тест для самоконтроля

1. Пенетрантность гена *A* 30%. Это означает, что:
 - а) ген распространен в популяции с частотой 30%
 - б) встречаемость признака составляет 30%
 - в) наследуется потомством в 30 %
 - г) проявляется у 30% унаследовавших данный ген
2. Что такое панмиктическая популяция?
 - а) в которой происходят межлинейные скрещивания
 - б) в которой происходит инбридинг
 - в) свободно-скрещивающаяся
3. Не приводят к изменению частот аллелей в популяции
 - а) инбридинг б) мутации в) миграции г) естественный отбор
4. Что такое генофонд?
 - а) совокупность всех генов организма
 - б) совокупность генов популяции
 - в) гаплоидный набор хромосом
5. Частоты аллелей в идеальной популяции
 - а) равны 0
 - б) равномерно возрастают от поколения к поколению
 - в) равномерно убывают от поколения к поколению
 - г) не изменяются от поколения к поколению
6. Кто предложил термины «популяция» и «чистая линия»?
 - а) Н.Н. Дубинин
 - б) С.С. Четвериков
 - в) Иоганнсен

Тема 9. Генетика иммунитета, аномалий и болезней

Содержание темы

Понятие об иммунитете и иммунной системе организма. Неспецифические факторы защиты. Специфический иммунитет. Клеточная и гуморальная системы иммунитета. Роль В- и Т-лимфоцитов. Генетический контроль иммунного ответа. Теория иммунитета. Учение об уродствах и врожденных аномалиях. Понятие о генетических, наследственно-средовых и экзогенных аномалиях. Определение типа наследования аномалий. Распространение генетических аномалий в популяциях животных разных видов и их профилактика. Генетическая устойчивость и восприимчивость к заболеваниям: к бактериальным и протозойным болезням, к гельминтозам, к вирусным инфекциям. Роль наследственности в проявлении незаразных болезней. Моногенный и полигенный характер устойчивости. Влияние факторов среды на проявление устойчивости к заболеваниям. Методы и мероприятия по повышению устойчивости животных к заболеваниям. Примеры успешной селекции в этом направлении.

Методические указания

В этой теме рассматриваются вопросы о наследственной устойчивости к болезням разных видов домашних животных. При изучении материала большее внимание уделите наследованию устойчивости к заболеваниям тех животных, с которыми вам приходится работать.

Теоретическая часть

Иммунитет есть способ защиты организма от всех антигенно чужеродных веществ как экзогенной, так и эндогенной природы. Биологический смысл подобной защиты - обеспечение генетической целостности особей вида в течение их жизни.

Основоположником теории иммунитета стал великий русский ученый, лауреат Нобелевской премии И.И. Мечников.

Иммунология – наука об иммунитете, которая изучает генетические, молекулярные и клеточные механизмы реагирования организма на чужеродные субстанции, именуемые антигенами (Р.В. Петров, 1987).

Организмы способны проявлять иммунитет в виде неспецифической или специфической реакции – иммунного ответа на воздействие антигенов. В генетическом аспекте антиген рассматривается как вещество, способное при введении в организм животного индуцировать образование специфических антител, а также специфически связываться с последними *in vivo* и *in vitro*.

Антитела – белки иммуноглобулиновой природы, образующиеся в организме животных в ответ на введение антигенов и способные связывать их.

В иммунную систему входят центральные и периферические органы: к центральным относят тимус, фабрициеву сумку, пейеровы бляшки и костный мозг; к периферическим – кровь, лимфатические узлы и селезенку.

Под неспецифическим (врожденным) иммунитетом подразумевают систему предшествующих защитных факторов организма, присущих данному виду как наследственно обусловленное свойство. Факторы неспецифической защиты можно разделить на четыре типа: физические (внешние покровы); физиологические (температура, рН, лизоцим, интерфероны, комплемент и др.); клеточные (осуществляющие эндоцитоз или прямой лизис чужеродных клеток); воспаление.

Из многих теорий иммунитета наибольшее признание получила клонально-селекционная теория Ф. Бернета (1959). Она основана на четырех основных принципах: 1) в организме имеется большое число лимфоидных клеток; 2) популяция лимфоидных клеток гетерогенна, и в результате интенсивного деления клеток образуется большое количество клонов (популяция клеток, происходящая от одного предшественника); 3) небольшое количество антигена стимулирует клон клеток к размножению; 4) большое количество антигена элиминирует соответствующий клон. Согласно этой теории антиген,

взаимодействуя с рецептором клетки (В - клетки), вызывает ее интенсивную пролиферацию (деление), в результате чего образуется клон, синтезирующий антитела одной специфичности. Все клетки клона имеют один и тот же генотип. При соматических мутациях одного клона могут возникать новые клоны.

Нарушения в различных звеньях иммунной системы приводят к многообразным патологическим иммунным реакциям. Гиперчувствительность (аллергия) возникает в результате чрезмерной иммунной реакции на чужеродные антигены. Иногда иммунные реакции направлены и против структур собственного организма (аутоиммунные реакции). Нарушение иммунного ответа может быть вызвано и в результате неполноценного развития и созревания клеток иммунной системы. Выделяют первичные и вторичные иммунодефициты.

Первичные иммунодефициты – это генетически обусловленная неспособность организма реализовать то или иное звено иммунного ответа.

Вторичные иммунодефициты являются приобретенными при индивидуальном развитии организма (онтогенез). Они возникают в результате недостаточного кормления, воздействия ионизирующего излучения, заболевания лейкозом и т.д.

У сельскохозяйственных животных наследственные иммунодефициты изучены недостаточно. Но в соответствии с законом гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И. Вавилова можно найти иммунодефициты, подобные тем, которые описаны у человека.

Контрольные вопросы

- 9.1. Дайте определение понятиям «иммунитет» и «иммунная система организма». Напишите о специфическом и неспецифическом иммунитете.
- 9.2. Что вы знаете о клеточной и гуморальной системах иммунитета?
- 9.3. Какова структура иммуноглобулинов и как они наследуются?
- 9.4. Чем определяется разнообразие антител?
- 9.5. Каков механизм генетического контроля иммунного ответа?
- 9.6. Что вы знаете о главном комплексе гистосовместимости?
- 9.7. Какие существуют врожденные дефекты иммунной системы?
- 9.8. Какие дефекты иммунной системы называются первичными (врожденными)?
- 9.9. Какова роль Т- и В-лимфоцитов в иммунной системе?
- 9.10. Объясните реакцию «антиген-антитело» и ее функцию в иммунном ответе.

Тест для самоконтроля

1. Кто открыл явление клеточного иммунитета в виде фагоцитоза?
а) Л. Пастер б) П. Эрлих в) И.И. Мечников
2. Где происходит образование В-лимфоцитов?
а) печень плода б) тимус в) костный мозг
3. Защитные белки (антитела) вырабатывают:
а) все виды лейкоцитов
б) только лимфоциты
в) только моноциты
4. Аллергия может быть вызвана:
а) только антителами
б) любыми химическими веществами
в) только антигенами
5. В-лимфоциты осуществляют функции:
а) синтез антител
б) фагоцитоз
в) переноса кислорода
г) контроля процесса свертывания крови

Тема 10. Генетико-математические методы анализа количественных и качественных признаков.

Содержание темы

Понятие о биометрии и основных ее направлениях. Средний уровень варьирующего признака в выборочной или генеральной совокупности особей. Величины средних значений признака – средняя арифметическая, геометрическая, квадратическая, гармоническая, мода, медиана. Показатели, характеризующие степень изменчивости признака у животных. Типы распределения варьирующих признаков (нормальное, биномиальное, асимметрическое, эксцессивное, трансгрессивное). Биометрические показатели связи между признаками. Определение статистических ошибок и достоверности разности между средними двух выборок. Основы регрессионного и дисперсионного анализов. Использование критерия «хи-квадрат». Полимерное и полигенное действие генов. Понятие об аддитивных генах. Понятие о коэффициентах наследуемости (h^2) и повторяемости (r_w) и методы их вычисления с помощью коэффициентов для селекционной работы при прогнозировании эффективности отбора. Влияние на коэффициенты наследуемости и повторяемости генотипических и паратипических факторов и взаимодействие генотипа и среды.

Методические указания

В данной теме рассмотрены наиболее распространенные генетико-статистические параметры и методы, с помощью которых проводят анализ изменчивости и наследственности количественных и качественных признаков. Обработка селекционных и в целом зоотехнических данных с помощью биометрии позволяет правильнее оценить и охарактеризовать генеральную совокупность особей по изучаемым признакам, величину средних значений показателя, степень его изменчивости, корреляции и регрессии с другими признаками, способствует прогнозированию эффекта селекции.

Теоретическая часть

В основе современной селекции лежит генетический анализ селекционных признаков. Известно, что сельскохозяйственные животные отличаются разнообразием хозяйственно полезных, морфологических и физиологических признаков, но лишь некоторые из них служат объектом практической селекции.

Признаки, по которым можно охарактеризовать животных, делятся на две группы: качественные (альтернативные) и количественные (полимерные). Действие генов, определяющих развитие альтернативных признаков, довольно устойчиво и поэтому они проявляются даже при значительных колебаниях условий среды. Это дает возможность по фенотипу животного и его потомства в известной мере судить о генотипе. Достаточно хорошо изучено наследование таких признаков, как масть у сельскохозяйственных животных, окраска оперения у птиц, некоторые экстерьерные особенности (комолость и коротконогость у крупного рогатого скота и овец, однопалость и многопалость у свиней и др., формы гребня у кур), наследование некоторых аномалий и леталей.

Биометрия (вариационная статистика, биологическая статистика) – это наука о способах применения математических методов в биологии. Методы биометрии основаны на теории вероятности и законе больших чисел. Вероятность объективная возможность наступления какого-либо события.

Предметом биометрии служит группа биологических объектов. Генеральная совокупность – это группа животных, составляющих вид, породу. Для изучения генеральной совокупности составляют выборку. Выборка должна быть типичной, т.е. правильно отражать генеральную совокупность. Очень важным вопросом является объем выборки. Различают многочисленные (большие) и малочисленные (малые) выборки, для которых различны методы обработки показателей признаков. Величина признака у отдельной особи называется вариантом и обозначается буквой x .

Основными статистическими показателями, характеризующими средний уровень варьирующего признака в выборочной (или генеральной) совокупности особей, служат величины средних значений признака. В зависимости от поставленных целей в биологии, в том числе и селекции, используют несколько средних величин: средняя арифметическая (\bar{X}), средняя геометрическая (G), средняя квадратическая (S), средняя гармоническая (H), мода (M_o), медиана (M_e).

Установление степени изменчивости разнообразия признака в популяциях имеет важное значение в генетическом анализе популяций и в селекции. При изучении изменчивости (вариабельности) признака особей данной совокупности применяют следующие параметры: лимит ($\text{lim} = X_{\max} - X_{\min}$), среднее квадратическое отклонение (σ), коэффициент вариации (C_v), дисперсию (σ^2), нормированное отклонение (t).

Биометрические методы анализа дают возможность изучить связь между варьирующими признаками, определить ее величину и направление. Применение показателей связи между признаками имеет практическое значение в селекционной работе и прогнозировании эффекта селекции. Связь, наблюдаемая между величинами двух признаков, называется фенотипической корреляцией (r), а связанная с ней регрессия (R) показывает, в какой степени средняя величина одного признака зависит от другого.

В практической селекционной работе основные параметры совокупности (\bar{X} , σ , C_v , r и др.) вычисляют зачастую не по генеральной совокупности, а по выборочной, поэтому генетико-статистические параметры для выборки могут несколько отличаться от тех их значений, которые были бы получены для генеральной совокупности. Для устранения неточностей между параметрами генеральной и выборочной совокупностей вводят поправки на эти параметры в виде статистических ошибок (m). Размер статистической ошибки зависит от изменчивости признака и размеров выборки. Чем больше объем выборки и меньше изменчивость, тем меньше статистическая ошибка.

Из генетических показателей, служащих в качестве критерия эффективности искусственного отбора в животноводстве и выбора методов селекции, особое место занимает показатель наследуемости. Термин «наследуемость» предложил Дж. Л. Лаш в 1939 г. Символ наследуемости h^2 заимствован из ранних работ С. Райта (1921), который обозначил им «детерминацию признака наследственностью».

В практической работе с сельскохозяйственными животными важное значение имеет повторяемость в величине селекционного признака в различные периоды их жизни. Коэффициент повторяемости (r_w) является показателем генетического разнообразия; служит мерой определения ошибки измеряемого признака, а также верхнего предела коэффициента наследуемости; определяет надежность вносимых поправок в варьирующий признак с учетом изменения средовых факторов.

Известно, что многие признаки и свойства живых организмов находятся под влиянием наследственности и условий среды. Так, устойчивость животных к болезням зависит от наследственности матери и отца, возраста, пола, уровня кормления и содержания. Это приводит к возникновению огромной изменчивости признаков. С помощью дисперсионного анализа можно установить достоверность и силу влияния, а также относительную роль одного или нескольких факторов в общей изменчивости признака.

Контрольные вопросы

- 10.1. Назовите основные различия между количественными и качественными признаками. Каковы закономерности наследования количественных признаков?
- 10.2. Что такое биометрия? Для чего используется дисперсионный анализ?
- 10.3. Какие коэффициенты используют при определении связи между признаками?
- 10.4. Как определяют достоверность статистических коэффициентов?
- 10.5. Что влияет на величину статистической ошибки и как можно предусмотреть планирование эксперимента или выборки?

- 10.6. Что такое критерий соответствия? Для чего его применяют?
- 10.7. Опишите основные методы определения коэффициентов наследуемости и повторяемости. Приведите примерные показатели коэффициента наследуемости важнейших хозяйственно-полезных признаков сельскохозяйственных животных.
- 10.8. Что такое эффект селекции? Какие генетические параметры влияют на него?
- 10.9. Какие статистические величины используют при проведении дисперсионного анализа?
- 10.10. Что такое выборочная и генеральная совокупность?

Тест для самоконтроля

1. Что такое выборка?
 - а) все особи изучаемой категории
 - б) часть животных генеральной совокупности
 - в) популяция
2. Связь между признаками показывает коэффициент
 - а) вариации
 - б) регрессии
 - в) корреляции
3. Генетической основой формирования количественных полигенных признаков является:
 - а) полимерия
 - б) кодоминантность
 - в) плейотропия
 - г) варьирующая экспрессивность
 - д) репрессия генов
4. Коэффициент вариации показывает:
 - а) изменчивость признака
 - б) среднее значение признака
 - в) связь между признаками
5. Качественным признакам относится:
 - а) живая масса животного
 - б) содержание жира в молоке
 - в) масть животного

Раздел III. Тесты для контроля знаний (для всех вариантов)

1. Функции ядра клетки:
 - А) энергетическая база;
 - Б) хранение наследственной информации;
 - В) пищеварительная.
2. Что такое кариотип?
 - А) химический состав клетки;
 - Б) диплоидный набор хромосом;
 - В) морфологическое строение ядра клетки.
3. Сколько хромосом содержится в кариотипе свиньи?
 - А) 36; Б) 40; В) 38.
4. Какое расщепление по генотипу будут иметь потомки 2-го поколения при моногибридном скрещивании?
 - А) расщепление 1:1; Б) расщепление 1:2:1; В) расщепление 3:1.
5. Чем отличается эпистаз от простого доминирования?
 - А) эпистаз это взаимодействие неаллельных генов, а доминирование взаимодействие аллельных генов;
 - Б) эпистаз это взаимодействие аллельных генов, а доминирование взаимодействие неаллельных генов;
6. Если у свиньи в клетках крови 38 хромосом, то, сколько у нее групп сцепления?
 - А) 38; Б) 19; В) 36.
7. Какие признаки наследуются от матери к сыну?

- А) гены, которые находятся в аутосомах;
 - Б) гены, которые находятся в Y хромосоме;
 - В) гены, которые находятся в X хромосоме.
8. Где протекает овогенез?
- А) в яичниках млекопитающих;
 - Б) в поджелудочном соке;
 - В) в соматических клетках.
9. Что означает "гемизиготность"?
- А) Способность организма продуцировать как мужские, так и женские половые клетки;
 - Б) Содержание у гетерогаметного пола одинарной дозы гена в половой хромосоме;
 - В) Генотип, в котором гомологичные хромосомы содержат разные аллели одного гена.
10. В чем состоит главная функция молекулы ДНК?
- А) хранение наследственной информации о развитии признаков;
 - Б) генный контроль синтеза белков, ферментов, гормонов;
 - В) репликация молекул ДНК.
11. Что такое мутация?
- А) стойкие наследственные изменения признаков;
 - Б) изменение признаков организма;
 - В) изменение морфологических признаков.
12. Что определяет экспрессивность гена?
- А) Частоту фенотипического проявления гена в популяции особей, несущих данный ген;
 - Б) Множественное действие гена, когда один ген определяет развитие нескольких признаков;
 - В) Стойкость передачи признаков от поколения к поколению;
 - Г) Степень проявления эффекта гена, определяющая степень выраженности признака у организма.
13. Как наследуется многопалость у свиней (полидактилия)?
- А) Рецессивно;
 - Б) С неполным доминированием;
 - В) Доминантно;
 - Г) Сцеплено с полом.
14. Сколько поросят с длинными ушами будет в помете гетерозиготной свиноматки с короткими ушами, спаренной с длинноухим хряком?
- А) 25 %; Б) 50 %; В) 75 %; Г) 100 %
15. Трисомия по половым хромосомам XXУ называется также синдромом...
- А) Шерешевского-Тернера
 - Б) Клайнфельтера
 - В) Эдвардса
 - Г) Дауна
16. Частота кроссинговера зависит от:
- А) количества изучаемых генов
 - Б) удвоения хромосом
 - В) расстояния между генами
 - Г) скорости образования веретен
17. Хромосомный набор-это:
- А) фенотип; Б) генотип; В) кариотип; Г) рекомбинант
18. Теломера - это:
- А) мера тела
 - Б) структура на конце плеча хромосомы
 - В) перичентрический участок хромосомы
 - Г) сателлит
19. Что такое клеточный цикл?
- А) интерфаза;
 - Б) интерфаза + митоз;
 - В) деление соматических клеток.
20. Где располагается центромера метацентрических хромосом?
- А) в центре;
 - Б) несколько сдвинута к одному концу;
 - В) сильно сдвинута к одному концу;
 - Г) у одного конца.
21. Что такое "хроматида"?
- А) Половая хромосома;
 - Б) Одна из гомологичных хромосом;
 - В) Одна из нитей, входящих в состав хромосомы;
 - Г) Первичная перетяжка хромосомы.

22. Если говорят: «У этой овцы длинная тонкая шерсть». О чем идет речь:
 А) о генотипе;
 Б) о фенотипе.
23. Сколько хромосом содержится в кариотипе крупного рогатого скота?
 А) 54; Б) 64; В) 60.
24. Что происходит в телофазе митоза?
 А) Разделение клетки на две дочерние;
 Б) Образование митотической пластинки на экваторе клетки.
 В) Расхождение сестринских хроматид к полюсам клетки;
 Г) Удвоение ДНК.
25. Какое расщепление по фенотипу будет во втором поколении при комплементарном взаимодействии генов?
 А) 1 : 2 : 1 Б) 12 : 3 : 1 В) 9 : 7
26. Какие признаки наследуются сцепленно?
 А) гены, которые находятся в разных аутосомах;
 Б) гены, которые находятся в одной и той же паре гомологичных хромосом;
 В) гены, которые находятся в половых хромосомах.
27. Главная причина рождения в разнополой двойне телок –фримартинов?
 А) семенники развиваются раньше;
 Б) яичники развиваются позднее;
 В) анастомоз плацентарных кровеносных сосудов обоих плодов.
28. Что такое промотор?
 А) участок ДНК, регулирующий работу оперона;
 Б) участок ДНК, опознаваемый РНК-полимеразой;
 В) участок ДНК, преграждающий движение РНК-полимеразы;
 Г) участок и-РНК.
29. Чем характеризуются полуплетальные мутации?
 А) повышают жизнеспособность;
 Б) вызывают гибель в эмбриональном состоянии;
 В) понижают жизнеспособность;
 Г) повышают плодовитость.
30. Кто предложил термины «популяция» и «чистая линия»?
 А) Н.Н. Дубинин;
 Б) С.С. Четвериков;
 В) Иоганнсен.
31. Где происходит образование В-лимфоцитов?
 А) печень плода; Б) тимус; В) костный мозг.
32. Сколько телят чалой масти будет в потомстве красного шортгонского быка, спаренного с чалыми коровами?
 А) 100 %; Б) 75 %; В) 50 %; Г) 25 %.
33. Частоты аллелей в идеальной популяции
 А) равны 0
 Б) равномерно возрастают от поколения к поколению
 В) равномерно убывают от поколения к поколению
 Г) не изменяются от поколения к поколению
34. Тип наследования, при котором развитие признака контролируется несколькими генами:
 А) плейотропия; Б) политения; В) полиплоидия; Г) полимерия
35. Фермент, распознающий специфическую последовательность нуклеотидов в двойной спирали молекул ДНК, носит название:
 А) ревертаза; Б) рестриктаза; В) РНК-полимераза; Г) гомогентиназа
36. Единица генетического кода:
 А) динуклеотид
 Б) триплет
 В) пиримидиновое основание
 Г) интрон
37. В чем заключается биологическое значение мейоза?
 А) рекомбинация родительских генов;
 Б) сокращение числа хромосом в два раза;
 В) сохранение диплоидного набора хромосом в дочерних клетках.
38. Что такое гамета?
 А) половая клетка; Б) половая железа; В) соматическая клетка.
39. Что происходит в анафазе митоза?

- А) Разделение клетки на две дочерние;
 - Б) Образование митотической пластинки на экваторе клетки.
 - В) Расхождение сестринских хроматид к полюсам клетки;
 - Г) Удвоение ДНК.
40. Какой закон Менделя доказывает независимость наследования признаков?
- А) 1-й; Б) 2-й; В) 3-й; Г) все вместе.
41. Каким образом у млекопитающих определяется пол у потомков?
- А) Пол предопределяет материнский организм;
 - Б) Пол предопределяет отцовский организм;
 - В) Пол определяется случайно;
 - Г) Пол предопределяется кормлением и другими внешними факторами.
42. Какие признаки называются сцепленными с полом?
- А) Признаки, проявляющиеся только у одного пола;
 - Б) Признаки, контролируемые генами в половых хромосомах;
 - В) Признаки, которые различно наследуются у особей разного пола;
 - Г) Признаки, на которые влияют гены пола.
43. Кодоминирование – это:
- А) влияние на формирование одного признака нескольких генов;
 - Б) наличие в популяции нескольких аллелей одного гена;
 - В) одинаковая функциональная активность аллелей, благодаря которой в фенотипе гетерозигот проявляются оба аллеля;
 - Г) неполное подавление одного аллеля другим, в результате гетерозиготы проявляют промежуточные признаки.
44. Как называются гены, отвечающие за один и тот же признак?
- А) аллельные; Б) альтернативные; В) неаллельные.
45. В чем состоит главная функция молекулы ДНК?
- А) хранение наследственной информации о развитии признаков;
 - Б) генный контроль синтеза белков, ферментов, гормонов;
 - В) репликация молекул ДНК.
46. При генной мутации:
- А) меняется порядок нуклеотидов внутри гена;
 - Б) меняется структура хромосом;
 - В) меняется число хромосом;
 - Г) меняется порядок сочетания генов внутри хромосомы.
47. Что такое генофонд?
- А) совокупность всех генов организма;
 - Б) совокупность генов популяции;
 - В) гаплоидный набор хромосом.
48. Кто открыл явление клеточного иммунитета в виде фагоцитоза?
- А) Л. Пастер; Б) П. Эрлих; В) И.И. Мечников.
49. Пара близнецов считается дискордантной, если:
- А) имеют одинаковый генотип;
 - Б) у обоих проявляется исследуемый признак;
 - В) у обоих отсутствует исследуемый признак;
 - Г) у одного признак имеется, у другого – отсутствует.
50. Не приводят к изменению частот аллелей в популяции
- А) инбридинг; Б) мутации; В) миграции; Г) естественный отбор
51. Генетической основой формирования количественных полигенных признаков является:
- А) полимерия
 - Б) кодоминантность
 - В) плейотропия
 - Г) варьирующая экспрессивность
 - Д) репрессия генов
52. Результат сплайсинга:
- А) построение комплементарной нити ДНК
 - Б) построение зрелой м-РНК
 - В) построение полипептидной цепочки
 - Г) построение т-РНК
53. Гаплоидный набор содержат клетки:
- А) нейроны
 - Б) гепатоциты
 - В) зиготы
 - Г) гаметы

- Д) эпителиальные
54. Биологическое значение митоза.
А) деление и созревание половых клеток;
Б) образование дочерних клеток с идентичным (одинаковым) набором хромосом;
В) деление соматических клеток путем перешнуровки.
55. На какой стадии деления клеток изучают кариотип?
А) Интерфаза; Б) Профаза; В) Анафаза; Г) Телофаза; Д) Метафаза.
56. Какой компонент является главным в химическом составе хромосом?
А) белок гистон;
Б) структурный белок;
В) ДНК.
57. Что такое генотип?
А) гаплоидный набор хромосом;
Б) совокупность генов организма;
В) совокупность внешних признаков организма.
58. Сколько типов гамет образует особь АаВвСс?
А) 4 Б) 6 В) 8 Г) 2 Д) 1.
59. Сколько хромосом содержится в кариотипе лошади?
А) 54; Б) 64; В) 60.
60. Полимерное наследование – это:
А) наличие нескольких аллелей одного гена в популяции;
Б) необходимость взаимодействия двух доминантных неаллельных генов для формирования признака;
В) арифметическое сложение действия нескольких доминантных неаллельных генов для усиления проявления признака;
Г) подавления проявления гена рецессивным аллелем из другой неаллельной пары.
61. Что такое ген?
А) единица наследственности, контролирующая развитие отдельного признака организма;
Б) единица рекомбинации;
В) единица мутации.
62. Назовите причину нарушения сцепления генов:
А) конъюгация гомологичных хромосом;
Б) деление хромосом;
В) образование бивалентов;
Г) кроссинговер при конъюгации гомологичных хромосом.
63. Какое свойство генетического кода говорит о том, что аминокислота кодируется более чем одним кодоном?
А) универсальность; Б) вырожденность; В) триплетность; Г) неперекрываемость.
64. Полиплоидия у растений приводит к :
А) повышению жизнеспособности;
Б) снижению жизнеспособности;
В) уменьшению размеров и снижению урожайности;
Г) очень крупным размерам и высокой урожайности.
65. Что такое панмиктическая популяция?
А) в которой происходят межлинейные скрещивания;
Б) в которой происходит инбридинг;
В) свободно-скрещивающаяся.
66. Пенетрантность гена А 30%. Это означает, что:
А) ген распространен в популяции с частотой 30%;
Б) встречаемость признака составляет 30%;
В) наследуется потомством в 30 %;
Г) проявляется у 30% унаследовавших данный ген.
67. Сколько красных вислоухих поросят из 320 можно ожидать от спаривания гетерозиготного черного вислоухого хряка (помесь беркшир с дюркок-джерсейскими) и дюркок-джерсейскими матками (красные вислоухие)?
А) 32; Б) 20; В) 180; Г) 80; Д) 160.
68. Не передаются последующим поколениям
А) точковые мутации
Б) спонтанные мутации
В) соматические мутации
Г) генеративные мутации
69. Главный фермент, участвующий в репликации:
А) РНК-полимераза
Б) ревертаза

- В) рестриктаза
Г) ДНК-полимераза
70. Сплайсинг - это процесс:
А) удаления экзонов
Б) построения пре-М-РНК
В) удаления интронов
Г) рекомбинации
71. Что происходит в метафазе митоза?
А) Разделение клетки на две дочерние;
Б) Образование митотической пластинки на экваторе клетки.
В) Расхождение сестринских хроматид к полюсам клетки;
Г) Удвоение ДНК.
72. каком химическом веществе хромосом заключен генетический код?
А) в белке; Б) и-РНК; В) ДНК.
73. Кто разработал и экспериментально обосновал метод гибридологического анализа?
А) Ч. Дарвин; Б) Г. Мендель; В) Т. Морган.
74. Если говорят: «Дочери этого быка отличаются от сверстниц высокой жирномолочностью». О чем идет речь:
А) о фенотипе;
Б) о генотипе.
75. Сколько хромосом содержится в кариотипе северного оленя?
А) 72; Б) 78; В) 70; Г) 74.
76. Что такое полимерия?
А) взаимодействие неаллельных доминантных генов, усиливающих развитие одного признака;
Б) много рибосом на одной цепи м-РНК;
В) влияние одного гена на развитие нескольких признаков.
77. Что такое кроссинговер?
А) один из типов взаимодействия неаллельных генов;
Б) соединение парных хромосом по их длине и зигонеме мейоза;
В) физический обмен одинаковыми участками гомологичных хромосом.
78. Сколько сортов гамет, различающихся по половым хромосомам, образуется при гаметогенезе у коровы, быка; свиноматки, хряка?
А) один, два; один, два;
Б) один, один; один, один;
В) два, два; два, два
79. Чем характеризуются полуживотные мутации?
А) повышают жизнеспособность;
Б) вызывают гибель в эмбриональном состоянии;
В) понижают жизнеспособность;
Г) повышают плодовитость.
80. Что определяет пенетрантность гена?
А) Частоту фенотипического проявления гена в популяции особей, несущих данный ген;
Б) Множественное действие гена, когда один ген определяет развитие нескольких признаков;
В) Стойкость передачи признаков от поколения к поколению;
Г) Степень проявления эффекта гена, определяющая степень выраженности признака у организма.
81. Что такое генофонд?
А) совокупность всех генов организма;
Б) совокупность генов популяции;
В) гаплоидный набор хромосом.
82. Что такое выборка?
А) все особи изучаемой категории;
Б) часть животных генеральной совокупности;
В) популяция.
83. Наследственное заболевание "порфирия" обусловлено накоплением в крови и тканях порфирина и проявляется в повышенной светочувствительности. У свиней наследуется доминантно. Какова вероятность появления больных поросят у гетерозиготных родителей?
А) Больных не будет;
Б) 100 %; В) 50 %; Г) 75 %; Д) 25 %.
84. Задачей близнецового анализа является
А) определение характера наследования признака
Б) определение частоты встречаемости аллеля в популяции
В) определение степени наследуемости признака
Г) определение наличия патологии по другим (маркерным) признакам

85. В каком периоде клеточного цикла хромосомы приобретают удвоенную структуру:
 А) G-0 ; Б) G-1 ; В) S ; Г) G-2 ; Д) в митозе.
86. Построение аминокислотной последовательности в полипептидной последовательности называется:
 А) транскрипция
 Б) процессинг
 В) полиплоидия
 Г) трансляция
 Д) репликация
87. Избирательное увеличение числа копий отдельных генов носит название:
 А) полиплоидия; Б) амплификация; В) кроссинговер; Г) стигматизация
88. Автором хромосомной теории наследственности является:
 А) Г. Мендель Б) Т. Морган В) Г. Харди Г) Н.И. Вавилов
89. К взаимодействию аллельных генов не относится:
 А) Кодоминирование Б) неполное доминирование
 В) полное доминирование Г) эпистаз
90. 1 морганида равна:
 А) количеству некроссоверных особей в потомстве
 Б) количеству кроссоверных гамет
 В) количеству некроссоверных гамет
 Г) 1 % кроссинговера

Краткий словарь

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

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

Ампликон – внехромосомная единица амплификации.

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

Амплификация — увеличение числа копий генов (количества ДНК)

Амплификация ДНК – выборочное копирование определенного участка ДНК.

Анеуплодия – измененный набор хромосом, в котором одна или несколько хромосом из обычного набора или отсутствуют, или представлены дополнительными копиями.

Антибиотик— вещество, подавляющее рост клеток или убивающее их. Обычно антибиотики блокируют одну из стадий синтеза белков или нуклеиновых кислот.

Антиген — вещество (обычно белки, реже полисахариды), вызывающее у животных иммунный ответ (образование антител).

Антигенная детерминанта (эпитоп) – участок белковой или полисахаридной молекулы, обладающей способностью вызывать образование антител данной специфичности.

Антикодон – последовательность из трех нуклеотидов в молекуле транспортной РНК, комплементарная кодирующему триплету в молекуле мРНК.

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

Антитело — белок (иммуноглобулин), образуемый иммунной системой организма животных в ответ на введение антигена и способный вступить с ним в специфическое взаимодействие.

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

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

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

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

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

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

Болезни аутосомные — обусловлены дефектами генов, локализованных в аутосомах

Болезни врожденные — присутствуют у ребенка с момента рождения

Болезни доминантные — развиваются при наличии одного мутантного гена в гетерозиготном состоянии

Болезни моногенные — обусловлены дефектом одного гена

Болезни мультифакториальные — имеющие в своей основе как генетическую, так и средовую компоненты; генетическая компонента представляет собой сочетание разных аллелей нескольких локусов, определяющих наследственную предрасположенность к заболеванию при разных условиях внешней среды

Болезни наследственные — имеющие в своей основе генетическую компоненту

Болезни рецессивные — развиваются при наличии мутантного гена в гомозиготном состоянии

Болезни сцепленные с полом — обусловлены дефектом генов, локализованных в X- или Y-хромосомах

Болезни хромосомные — обусловлены числовыми и структурными нарушениями кариотипа

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

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

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

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

Гамета — зрелая половая клетка.

Гаплоид — клетка, содержащая одинарный набор генов или хромосом.

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

Ген — последовательность нуклеотидов в ДНК, которая обуславливает определенную функцию в организме или обеспечивает транскрипцию другого гена.

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

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

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

Генная терапия — введение генетического материала (ДНК или РНК) в клетку, функцию которой он изменяет (или функцию организма).

Геном — общая генетическая информация, содержащаяся в генах организма, или генетический состав клетки. Термин «геном» иногда употребляется для обозначения гаплоидного набора хромосом.

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

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

Ген-репортер — ген, чей продукт определяется с помощью простых и чувствительных методов и чья активность в тестируемых клетках в норме отсутствует. Используется в генно-инженерных конструкциях для маркирования целевого продукта.

Ген-усилитель (энхансер) — короткий сегмент ДНК, который влияет на уровень экспрессии примыкающих к нему генов, увеличивая частоту инициации и транскрипции.

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

Гетерозиготность — наличие разных аллелей в диплоидной клетке.

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

Гетерохроматин — область хромосомы (иногда целая хромосома), имеющая плотную компактную структуру в интерфазе.

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

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

Гибридизация соматических клеток — слияние неполовых клеток, способ получения соматических гибридов (см.).

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

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

Гомозиготность — наличие одинаковых аллелей в диплоидной клетке.

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

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

Группа сцепления — все гены, локализованные в одной хромосоме.

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

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

ДНК-полимераза — фермент, ведущий матричный синтез ДНК.

Доминантность — преимущественное участие только одного аллеля в формировании признака у гетерозиготной клетки.

Доминантный — признак или соответствующий аллель, проявляющийся у гетерозигот.

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

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

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

Иммунитет — невосприимчивость организма к инфекционным агентам типа вирусов и микробов.

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

Интрон — некодирующий участок гена, который транскрибируется, а затем удаляется из предшественника мРНК при сплайсинге (см. сплайсинг).

Интронированный ген — ген, содержащий интроны.

Итероны — повторяющиеся последовательности нуклеотидных остатков в ДНК.

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

Капсида — белковая оболочка вируса.

кДНК — одностратная ДНК, синтезируемая *in vivo* по РНКовой матрице с помощью обратной транскриптазы.

Клон — группа генетически идентичных клеток, возникших неполовым путем от общего предка.

Клонирование ДНК — разделение смеси рекомбинантных молекул ДНК путем их введения в клетки методом трансформации или инфекции. Одна бактериальная колония представляет собой клон, все клетки которого содержат одну и ту же молекулу рекомбинантной ДНК.

Клонирование клеток — их разделение путем посева на питательном агаре и получение колоний, содержащих потомство от изолированной клетки.

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

Компетентность — способность клеток к трансформации.

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

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

Контиг — группа из нескольких последовательно соединенных секвенированных участков ДНК.

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

Лектины — белки, связывающие углеводы.

Лигаза — фермент, образующий фосфодиэфирную связь между двумя полинуклеотидами.

Лизис — распад клетки, вызванный разрушением её оболочки.

Лизогения — явление носительства бактериальными клетками фага в виде профага (см. профаг).

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

Липосомы — капельки жидкости, окруженные искусственной мембраной; искусственные липидные везикулы (см. везикулы).

Локус — участок ДНК (хромосомы), где расположена определенная генетическая детерминанта.

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

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

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

Метаболит — вещество, образующееся в химических реакциях живой клетки.

Метилазы — ферменты, присоединяющие метильную группу к определенным азотистым основаниям в ДНК.

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

Моноклональные антитела — антитела с определенной специфичностью, синтезируемые гибридомами (см. гибридомы).

Морфогенез — осуществление генетической программы развития организма.

Мутагенез — процесс индукции мутаций.

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

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

Нуклеазы — общее название ферментов, расщепляющих молекулы нуклеиновых кислот.

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

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

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

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

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

Оперон — совокупность совместно транскрибируемых генов, обычно контролируемых родственными биохимическими функциями.

Плазмида — кольцевая или линейная молекула ДНК, реплицирующаяся автономно от клеточной хромосомы.

Полидактилия — увеличение количества пальцев на кистях и (или) стопах.

Полимеразы — ферменты, ведущие матричный синтез нуклеиновых кислот.

Полипептид — полимер, состоящий из аминокислотных остатков, связанных пептидными связями.

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

Прокариоты — организмы, у которых нет клеточного ядра.

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

Протоонкогены — нормальные хромосомные гены, от которых произошли онкогены, содержащиеся в некоторых ретровирусах.

Протопласт — растительная или микробная клетка, лишенная клеточной стенки.

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

Процессинг — частный случай модификации (см. модификация), когда в биополимере уменьшается число звеньев.

Резистентность - устойчивость организма к действию физических, химических и биологических агентов, вызывающих патологическое состояние.

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

Рекомбинантная плазмида — плазмида, содержащая фрагмент(ы) чужеродной ДНК.

Рекомбинантный белок — белок, часть аминокислотной последовательности которого кодируется одним геном, а часть — другим.

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

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

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

Ренатурация — восстановление исходной пространственной структуры молекул.

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

Репликатор — участок ДНК, ответственный за инициацию репликации.

Репликация — процесс удвоения молекул ДНК или геномных вирусных РНК.

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

Репрессия — подавление активности генов, чаще всего путем блокирования их транскрипции.

Репрессор — белок или антисмысловая РНК, подавляющие активность генов.

Рестриктазы — сайт-специфические эндонуклеазы, составляющие часть системы рестрикции-модификации.

Рестрикты — фрагменты ДНК, образовавшиеся после её гидролиза рестриктазой.

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

Рестрикционный анализ — установление мест расщепления ДНК рестриктазами.

Ретровирусы — РНК-содержащие вирусы животных, кодирующие обратную транскриптазу и образующие провирус с хромосомной локализацией.

Рецессивность — неучастие аллеля в формировании признака у гетерозиготной клетки.

Рибонуклеазы (РНКазы) — ферменты расщепляющие РНК.

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

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

Селективные среды — питательные среды, на которых могут расти лишь клетки с определенными свойствами.

Синдактилия — полное или частичное сращение соседних пальцев кисти или стопы.

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

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

Соматические гибриды — продукт слияния неполовых клеток.

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

Спейсер — в ДНК или РНК — некодирующая последовательность нуклеотидов между генами; в белках — аминокислотная последовательность, связывающая соседние глобулярные домены.

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

Трансдукция — перенос фрагментов ДНК с помощью бактериофага.

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

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

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

Трансляция — процесс синтеза полипептида, определяемый матричной РНК.

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

Трансфекция — трансформация клеток с помощью изолированной ДНК.

Трансформация — изменение наследственных свойств клетки, вызванное поглощенной ДНК.

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

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

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

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

Химеры — лабораторные гибриды (рекомбинанты).

Центромера — локус на хромосоме, физически необходимый для распределения гомологичных хромосом по дочерним клеткам.

Штамм — линия клеток (или вирусов), ведущая начало от одной клетки (или вируса).