

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФИЛИАЛ КУБАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
В Г. СЛАВЯНСКЕ-НА-КУБАНИ**

**Кафедра математики, информатики, естественнонаучных и общетехнических
дисциплин**

И. Л. ШИШКИНА

ГЕНЕТИКА

**Методические материалы
к изучению дисциплины и организации самостоятельной работы
студентов 4-го курса бакалавриата, обучающихся по направлению
44.03.01 Педагогическое образование
(профиль подготовки – Биология)
очной и заочной форм обучения**

Славянск-на-Кубани
Филиал Кубанского государственного университета
в г. Славянске-на-Кубани
2018

ББК 28. 704
Г34

Рекомендовано к печати кафедрой математики, информатики, естественнонаучных и общетехнических дисциплин филиала Кубанского государственного университета
в г. Славянске-на-Кубани Протокол № 13 от 29 мая 2018 г.

Рецензент:
кандидат биологических наук, доцент
А. А. Гожко

Шишкина, И. Л.
Г34 **Генетика:** учебно-метод. пособие к изучению дисциплины и организации самостоятельной работы студентов 4-го курса бакалавриата, обучающихся по направлению 44.03.01 Педагогическое образование (профиль подготовки – Биология) очной, заочной форм обучения / авт.-сост. И. Л. Шишкина. – Славянск-на-Кубани : Филиал Кубанского гос. ун-та в г. Славянске-на-Кубани, 2018. – 43 с. 1 экз.

Учебно-методическое пособие предназначено для проведения практических занятий. Содержит краткое изложение основ классической генетики, методы решения задач на все виды наследования признаков. В конце каждого раздела предложены задачи для самостоятельного решения. Пособие предназначено для студентов четвертого курса, очного и заочного отделений, обучающихся по направлению 44.03.01 Педагогическое образование (профиль подготовки – Биология) для использования при подготовке к практическим занятиям и систематизации самостоятельной работы по дисциплине.

Электронная версия издания размещена в электронной информационно-образовательной среде филиала и доступна обучающимся из любой точки доступа к информационно-коммуникационной сети «Интернет».

ББК 28.704

© Филиал Кубанского государственного университета
в г. Славянске-на-Кубани, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Генетическая символика и терминология.....	5
2 Моногибридное скрещивание при полном доминировании	11
3 Моногибридное скрещивание. Взаимодействие аллельных генов	14
4 Наследственные группы крови и резус-фактора.....	20
5 Ди- и полигибридное скрещивание при независимом комбинировании признаков	25
6 Наследование признаков сцепленных с полом,	26
7 Взаимодействие неаллельных генов	30
8 Сцепленное наследование и кроссинговер	38
Задачи для самостоятельного решения	41
ЛИТЕРАТУРА	42

ВВЕДЕНИЕ

Явление наследственности всегда занимало прочное место в нашем сознании. «Яблочко от яблони недалеко падает» – знакомая поговорка. Вопросы передачи признаков от одного поколения другому изучает генетика. Название этой науке было дано в начале XX века. Оно происходит от латинского *geneo* – порождаю; греческого «генезис» – происхождение. Генетика – наука, изучающая механизмы и закономерности наследственности и изменчивости организмов, методы управления этими процессами. Название было дано английским ученым В. Ботсоном в 1906 году.

История генетики насчитывает столько же лет, сколько и история человечества. Наследование тех или иных признаков интересовало людей с самых ранних времен. Заботясь об улучшении пород домашних животных, занимаясь разведением растений, люди старались закрепить в потомстве лучшие качества. Даже не зная о законах наследования, будущие супруги ответственно подходили к выбору партнера. Если в роду повторялись одни и те же заболевания, опасались, что их появление можно ожидать от потомства. Отсюда же шло настороженное отношение к людям «без роду, без племени». Не одобрялись и браки между близкими родственниками – невесту старались брать из далеких поселений. Кстати, в русском языке слово «невеста» происходит от «невесть откуда». Еще Гиппократ полагал, что каждая часть тела производит семя. Из здорового семени образуются здоровые органы. Позже эти положения были сформулированы в теории пангенезиса.

Как показывает опыт, отношение школьников к генетике бывает разным. Одних она отпугивает. Других – привлекает. ЕГЭ по биологии показал, что наиболее слабое место в знаниях выпускников средних школ – именно генетика. Учащиеся не умеют записывать генотипы организмов и решать простейшие задачи. Это пособие поможет студентам биофака педагогического вуза освоить логику решения задач. Генетика по сравнению с большинством других областей биологии ближе к математике, а значит, и логика ее изучения в чем-то близка к логике изучения, например, геометрии. Ясно, что одного знания теорем недостаточно. Необходимо еще научиться решать задачи. Точно так же дело обстоит в генетике: только самостоятельное решение генетических задач позволит глубоко разобраться в проблемах генетики. Кроме того, решение таких задач послужит хорошей тренировкой логики и сообразительности. По каждому разделу предложено более десятка интересных задач. Задачи в этом пособии необязательно решать последовательно одну за другой. Можно начинать с тех вопросов, которые Вас больше всего интересуют.

1 ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СИМВОЛИКА И ТЕРМИНОЛОГИЯ

Генетика как наука возникла на базе эволюционного учения Ч. Дарвина, поэтому при повторении материала по данной теме следует вспомнить о преемственности терминов и понятий. Материал по генетике удобнее начать с повторения и уточнения терминологии, поэтому в первую очередь необходимо усвоить буквенную символику, принятую в генетике, лишь после этого приступить к повторению законов.

Основная символика

P – Parents – родители. Родительские организмы, взятые для скрещивания. Женский пол обозначают символом ♀ (зеркало Венеры), мужской - ♂ (щит и копьё Марса). Между родителями ставят знак «×», обозначающий скрещивание. Генотип матери пишут на первом месте, а отца - на втором.

F – Filli – дети. Гибридное потомство.

A, B, C ...- доминантные признаки.

a, b, c ... – рецессивные признаки.

Aa – аллельные гены.

AA – доминантная гомозигота.

aa – рецессивная гомозигота.

Aa – гетерозигота при моногибридном скрещивании.

AaBb – дигетерозигота, гетерозигота при дигибридном скрещивании.

Основные термины и понятия

Генетика – (от греч. «гетерозис» – происхождение) – наука о закономерностях наследственности и изменчивости организмов.

Ген - (от греч. «генос» – рождение) – участок молекулы ДНК, отвечающий за один признак, т.е. за структуру определенной молекулы белка.

Альтернативные признаки – взаимоисключающие, контрастные признаки (окраска семян гороха желтая и зеленая).

Гомологические хромосомы (от греч. «гомос» – одинаковый) – парные хромосомы, одинаковые по форме, размерам, набору генов. В диплоидной клетке набор хромосом всегда парный: одна хромосома из пары материнского происхождения, другая – отцовского.

Локус – участок хромосомы, в котором расположен ген.

Аллельные гены – гены, расположенные в одних и тех же локусах гомологических хромосом. Контролируют развитие альтернативных признаков (доминантных и рецессивных – желтая и зеленая окраска семян гороха)

Генотип – совокупность наследственных признаков организма, полученных от родителей, - наследственная программа развития.

Фенотип – совокупность признаков и свойств организма, проявляющаяся при взаимодействии организма со средой обитания.

Зигота (от греч. «зиготе» – спаренная) – клетка, образующаяся при слиянии двух гамет (половых клеток) – женской (яйцеклетки) и мужской (сперматозоида). Содержит диплоидный (двойной) набор хромосом.

Гомозигота (от греч. «гомос» – одинаковый и зигота) – зигота, имеющая одинаковые аллели данного гена (оба доминантные АА или оба рецессивные аа) Гомозиготная особь в потомстве не дает расщепления.

Гетерозигота (от греч. «гетерос» – другой и зигота) – зигота, имеющая два разных аллеля по данному гену (Аа, Вb). Гетерозиготная особь в потомстве дает расщепление по данному признаку.

Доминантный признак (от лат. «доминас» – господствующий) – преобладающий признак, проявляющийся в потомстве у гетерозиготных особей.

Рецессивный признак (от лат. «рецессус» – отступление) – признак, который передается по наследству, но подавляется, не проявляясь у гетерозиготных потомков, полученных при скрещивании.

Гамета (от греч. «гаметес» – супруг) – половая клетка растительного или животного организма, несущая один ген из аллельной пары. Гаметы всегда несут гены в «чистом» виде, так как образуются путем мейотического деления клеток и содержат одну из пары гомологичных хромосом.

Цитоплазматическая наследственность – внеядерная наследственность, которая осуществляется с помощью молекул ДНК, расположенных в пластидах и митохондриях.

Модификация (от лат. «модификацио» – видоизменение) – ненаследственное изменение фенотипа, возникающее под влиянием факторов внешней среды в пределах нормы реакции генотипа.

Модификационная изменчивость – изменчивость фенотипа. Реакция конкретного генотипа на разные условия среды обитания.

Вариационный ряд – ряд модификационной изменчивости признака, слагающийся из отдельных значений видоизменений, расположенных в порядке увеличения или уменьшения количественного выражения признака (размеры листьев, число цветков в колосе, изменение окраски шерсти).

Вариационная кривая – графическое выражение изменчивости признака, отражающее как размах вариации, так и частоту встречаемости отдельных вариантов.

Норма реакции – предел модификационной изменчивости признака, обусловленный генотипом. Пластичные признаки обладают широкой нормой реакции, непластичные – узкой.

Мутация (от лат. «мутацио» - изменение, перемена) – наследственное изменение генотипа. Мутации бывают: генные, хромосомные, генеративные (у гамет), внеядерные (цитоплазматические) и т.д.

Мутагенный фактор – фактор, вызывающий мутацию. Существуют естественные (природные) и искусственные (вызванные человеком) мутагенные факторы.

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

Дигибридное скрещивание – скрещивание форм, отличающихся друг от друга по двум парам альтернативных признаков.

Анализирующее скрещивание – скрещивание испытуемого организма с другим, являющимся по данному признаку рецессивной гомозиготой, что позволяет установить генотип испытуемого. Применяется в селекции растений и животных.

Сцепленное наследование – совместное наследование генов, локализованных в одной хромосоме; гены образуют группы сцепления.

Кроссинговер (перекрест) – взаимный обмен гомологичными участками гомологичных хромосом при их конъюгации (в профазе I мейоза I), приводящий к перегруппировке исходных комбинаций генов.

Пол организмов – совокупность морфологических и физиологических особенностей, которые определяются в момент оплодотворения сперматозоидом яйцеклетки и зависят от половых хромосом, которые несет сперматозоид.

Половые хромосомы - хромосомы, по которым мужской пол отличается от женского. Половые хромосомы женского организма все одинаковы (XX) и определяют женский пол. Половые хромосомы мужского организма (XY): X определяет женский пол, Y – мужской пол. Поскольку все сперматозоиды образуются путем мейотического деления клеток, половина их несет X-хромосомы, а половина – Y- хромосомы. Вероятность получения мужского и женского пола одинакова.

Генетика популяций – раздел генетики, изучающий генотипический состав популяций. Это позволяет рассчитывать частоту мутантных генов, вероятность встречаемости их в гомо- и гетерозиготном состоянии, а также следить за накоплением в популяциях вредных и полезных мутаций. Мутации служат материалом для естественного и искусственного отбора. Данный раздел генетики был основан С. С. Четвериковым и получил дальнейшее развитие в трудах Н. П. Дубинина.

В таблицах приведены типы наследования некоторых нормальных и патологических признаков организмов, которые встречаются в данном пособии.

Полное доминирование

Таблица 1

Доминантный признак	Рецессивный признак
Горох посевной	
1. Желтая окраска семян	Зеленая окраска семян
2. Гладкая поверхность семян	Морщинистая поверхность семян
3. Красная окраска венчика	Белая окраска венчика

4. Высокий рост	Карликовый рост
Фигурная тыква	
1. Белая окраска плода	Желтая окраска плода
2. Дисквидная форма плода	Шаровидная (круглая) форма плода
Томат	
1. Шаровидная форма плода	Грушевидная форма плода
2. Красная окраска плода	Желтая окраска плода
3. Высокий стебель	Низкий стебель
Дрозофила	
1. Красный цвет глаз	Вишневый цвет глаз
2. Серая окраска тела	Черная окраска тела
3. Нормальные крылья	Зачаточные крылья
4. Нормальные крылья	Закрученные крылья
5. Нормальные крылья	Загнутые крылья
Морская свинка	
1. Черная окраска меха	Белая окраска меха
2. Черная окраска меха	Коричневая окраска меха
3. Длинная шерсть	Короткая шерсть
4. Мохнатая, розеточная, вихрастая шерсть.	Гладкая шерсть
Куры	
1. Наличие гребня	Отсутствие гребня
2. Розовидный, гороховидный гребень	Простой гребень
3. Оперенные ноги	Неоперенные ноги
Кролик	
1. Серая окраска меха	Черная окраска меха
2. Мохнатый мех	Гладкий мех
3. Черная окраска меха	Белая окраска меха
Овца каракульская	
1. Серая окраска меха	Черная окраска меха
Рогатый скот	
1. Черная окраска шерсти	Красная окраска шерсти
2. Комолость (безрогость)	Рогатость
3. Белая голова	Сплошная окраска шерсти

Человек	
1. Темные волосы	Светлые волосы
2. Нерыжие волосы	Рыжие волосы
3. Нормальная пигментация кожи, волос, глаз	Альбинизм (отсутствие пигментации)
4. Карие глаза	Голубые, серые, зеленые
5. Большие глаза	Маленькие глаза
6. Толстые губы	Тонкие губы
7. «Римский» нос	Прямой нос
8. Полидактилия (лишние пальцы)	Нормальное число пальцев
9. Короткопалость (брахидактилия)	Нормальная длина пальцев
10. Веснушки на лице	Отсутствие веснушек
11. Низкий рост тела	Нормальный рост тела
12. Нормальный слух	Врожденная глухота
13. Нормальное состояние здоровья	Сахарный диабет
14. Нормальная кожа	Отсутствие потовых желез
15. Резус-положительная кровь	Резус-отрицательная кровь

Неполное доминирование

Таблица 2

Признаки гомозиготных особей		Признаки гетерозиготных особей
доминантные	рецессивные	промежуточные
Земляника		
1. Красный плод	Белый плод	Розовый плод
2. Нормальная чашечка	Листовидная чашечка	Промежуточная чашечка
Душистый горошек		
Красный цветок	Белый цветок	Розовый цветок
Львиный зев		
1. Красный цветок	Белый цветок	Розовый цветок
2. Широкий лист	Узкий лист	Лист средней ширины

Ночная красавица (мирабилис)		
Красный цветок	Белый цветок	Розовый цветок
Куры андалузские		
1. Черное оперение	Белое оперение	Голубое оперение
2. Курчавое оперение	Гладкое оперение	Слабокурчавое оперение
Норка		
Темный мех	Белый мех	Кохинуровый мех (светлая окраска с черным крестом)
Морская свинка		
Темный мех (шиншилла)	Белый мех	Полутемный мех
Овцы		
Длинные уши	Отсутствие ушей (безухость)	Короткие уши
Крупный рогатый шортгорнский скот		
1. Красная шерсть	Белая шерсть	Чалая шерсть
2. Черная шерсть	Белая шерсть	Серо-голубая шерсть
Человек		
1. Нормальный гемоглобин	Серповидно-клеточная анемия	Часть эритроцитов – серповидные
2. Курчавые волосы	Прямые (гладкие) волосы	Волнистые волосы

Признаки сцепленные с полом
(наследуются через X-хромосому)

Таблица 3

Доминантный признак	Рецессивный признак
Человек	
1. Нормальная свертываемость крови	Гемофилия
2. Нормальное цветовосприятие	Дальтонизм
3. Нормальное развитие потовых желез	Отсутствие потовых желез

4. Рахит	Нормальный рост костей
5. Отсутствие резцов	Наличие резцов
6. Сросшееся небо	Неполное расщепление неба
7. Фолликулярный кератоз	Нормальное строение кожи
8. Отсутствие ихтиоза	Ихтиоз
Дрозофила	
1. Серая окраска тела	Желтая окраска тела
2. Красный цвет глаз	Белый цвет глаз
Тутовый шелкопряд	
Белое яйцо	Черное яйцо
Кошка	
1. Черная окраска шерсти	Желтая окраска шерсти, у гибридов – пестрая (черепаховая, тигровая окраска)

2 МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ ПРИ ПОЛНОМ ДОМИНИРОВАНИИ

Моногибридным называют скрещивание, при котором родительские особи различаются по одной паре признаков.

Гибридологический анализ основан на использовании системы скрещивания в ряде поколений для определения характера наследования признаков и свойств. Гибридологический анализ – основной метод генетики. Первые гибридологический метод исследования, позволяющий установить четкие закономерности в исследовании моногибридных признаков, был разработан Менделем.

1. Закон единообразия гибридов первого поколения: при скрещивании гомозиготных родительских форм, различающихся по своим признакам, первое поколение получается единообразным по генотипу и фенотипу. Признак, проявившийся у потомков (гибридов) первого поколения, Мендель назвал доминантным. Признак, оставшийся у гибрида скрытым, был назван им рецессивным.

2. Закон расщепления: во втором поколении моногибридного скрещивания наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 3:1, а по генотипу - в соотношении 1:2:1 (одна часть особей, гомозиготных по доминантному признаку, две части гетерозиготных и одна часть гомозиготных по рецессивному признаку).

3. Правило чистоты гамет: у гетерозиготных особей наследственные задатки (гены) не смешиваются друг с другом, а передаются в половые клетки «в чистом» неизменном виде.

4. Закон независимого наследования признаков: во втором поколении каждая пара аллельных генов и признаков, определяемых ими, ведет себя независимо от других пар аллельных генов и признаков.

Скрещивание с рецессивной родительской формой (aa) называется **анализирующим**. Оно позволяет установить генотип интересующей особи (AA или Aa). Во втором случае расщепление у потомства по фенотипу и генотипу 1:1 или 50%:50%.

Типовая задача

Гетерозиготную черную крольчиху скрестили с таким же кроликом. Определите численное соотношение расщепления гибридного потомства по генотипу и фенотипу.

Решение задачи

1. Сначала надо научиться кратко записывать условия задачи. Они включают сведения о признаках и обуславливающих их генах и сведения о генотипах родителей.

2. Затем вводятся обозначения. Вначале записывается признак, а через тире – ген его обуславливающий (детерминирующий): черная масть – А, белая масть – а.

3. Определяется генотип материнской особи – черной крольчихи – Аа (Она гетерозиготна по доминантному гену черноты меха).

4. Определить генотип отцовской особи – Аа.

5. Определить сорта женских гамет, образующихся в яичниках материнской особи. На основании гипотезы чистоты гамет у нее созревают в равном количестве два сорта гамет – один с геном А, другие – с геном а.

6. Определить сорта мужских гамет, образующихся в семенниках отцовского родителя (тоже два сорта – А и а).

7. Определить возможные типы категорий зигот, образующихся при оплодотворении, т.е. в результате случайной встречи (по теории вероятностей) указанных двух сортов женских гамет (А и а) с такими же мужскими гаметами (А и а) Для этого удобна решетка Пеннета.

8. Определить фенотип полученных гибридов.

9. Записать ответ.

Образец записи решения

Дано: ♀ - черная (гетерозиготна) ♂ - такой же	Решение: черная масть – А белая масть – а P ♀Aa × ♂Aa Гаметы: А а А а F ₁ AA Aa Aa aa AA – 1 (черные) Aa - 2 (черные) aa - 1 (белые)
Найти: P; F ₁ - ?	

Ответ. Расщепление по генотипу – 1AA : 2Aa : 1aa; по фенотипу – 3 черные : 1 белая особь.

Задачи для самостоятельного решения

1. Белая масть тонкорунных овец доминирует над черной мастью северных короткохвостых овец. Подозревается, что среди тонкорунных баранов имеются особи, гетерозиготные по масти. Можно ли установить это, если имеется несколько черных маток?

2. От спаривания самки со стоячими ушами с кобелем было получено 9 щенят. Четверо из них имели стоячие уши, а у остальных были висячие. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомства, если известно, что висячие уши доминируют над стоячими.

3. От спаривания свиноматки Ясочки 420 с хряком-производителем Дельфином 39 было получено 12 поросят. У 4 поросят строение конечностей было нормальным (парнокопытность), а у остальных поросят они были сrostнопалыми. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомства, если известно, что у свиней сrostнопалость доминирует над парнокопытностью.

4. Кареглазый мужчина, отец которого имел карие глаза, а мать – голубые, женился на голубоглазой женщине, родители которой имели карие глаза. Какое потомство можно ожидать от этого брака?

5. Мужчина левша, родители которого владели преимущественно правой рукой, женился на женщине правше, отец которой был правша, а мать левша. Какое потомство можно ожидать от этого брака, если известно, что ген преимущественного владения правой рукой доминирует над геном владения левой рукой?

6. При скрещивании плодовых мух (дрозофил) с серым телом между собой в потомстве оказалось 25% особей с черным цветом тела. Этим мухам скрестили с родительскими и получили 56 дрозифил с черным телом и 59 – с серым.

7. Мужчина с нормальным цветом зубов, у родителей которого наблюдалось потемнение зубов, женился на женщине с потемневшими зубами, отец которой имел потемневшие зубы, а мать – нормальные. Определите вероятность рождения в этой семье ребенка без аномалий, если известно, что потемнение зубов определяется доминантным геном.

8. У крупного рогатого скота ген черной масти доминирует над геном красной масти. В фермерском хозяйстве Н.И. Сидоренко имеется гомозиготный черный бык и красные коровы. Требуется установить:

а) какая масть будет у телят F_1 ?

б) какая масть будет у телят F_2 ?

9. Фермер Н.В. Иванов использовал 2 года быка Трамплина, гетерозиготного по черной масти, в стаде коров, гомозиготных по черной масти. У этого быка осталось 35 телочек, которых фермер спаривал с гомозиготным черным быком Удалим. При спаривании было получено 34 телочки, которые от спаривания с гетерозиготным быком Артистом дали 34 теленка. Будут ли среди них телята красной масти и сколько?

10. Женщина с нормальным зрением, отец которой страдал близорукостью, а у матери было нормальное зрение, вышла замуж за мужчину, родители которого были гомозиготами – отец с нормальным зрением, мать – близорукая. Какое потомство ожидается в этой семье, если известно, что близорукость является доминантным признаком?

11. Детская форма семейной идиотии (синдром Тей-Сакса) наследуется как рецессивный признак и заканчивается обычно смертельным исходом к 4-5 годам. Первый ребенок в семье умер от данной болезни. Определите генотипы родителей и вероятность того, что второй ребенок также будет страдать этой же болезнью.

3 МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

Вскоре после переоткрытия законов Менделя на животных и растениях разных видов было установлено, что не все признаки проявляют полное доминирование. Кроме него, существует ряд других взаимодействий аллельных генов – промежуточное наследование, неполное доминирование, сверхдоминирование, кодоминирование и др.

Рассмотрим решение типовых задач при разных типах взаимодействия аллельных генов.

При промежуточном характере наследования (отсутствие доминирования) потомство сохраняет единообразие, но не походит полностью ни на одного из родителей, а обладает признаком промежуточного характера.

Типовая задача

Среди овец наряду с нормальноухими имеются и безухие. Скрещивание безухих овец с нормальноухими, имеющими длину уха около 10 см., дает в первом поколении потомство исключительно с короткими ушами – 5см. Какое получится потомство в F_2 по генотипу и фенотипу?

Решение задачи	
Дано:	Решение:
♀ - нормальноухая	A – нормальноухие; a – безухие.
♂ - безухий	P ♀ AA × ♂ aa норма безухие
Найти:	Гаметы: A a
P, F ₁ F ₂ - ?	F1 Aa
короткоухие	
P ♀ Aa × ♂ Aa	

♀		
	A	a
	a	a

F₂ AA Aa Aa aa
 нормальноух короткоухие безухие

Ответ. В F₂ расщепление по генотипу: 1AA : 2Aa : 1aa; расщепление по фенотипу: 1 часть нормальноухих, 2 части короткоухих и 1 часть безухих.

Если у гибридов F₁ признак занимает не среднее положение, а уклоняется в сторону родителя с доминирующим признаком, то тогда говорят о **неполном доминировании**.

Типовая задача

При скрещивании коров с белыми пятнами на туловище, белым брюхом и конечностями с быками со сплошной окраской получается потомство со сплошной окраской, но с небольшими пятнами на ногах или других частях туловища. Каковы генотипы потомства F₁, F₂? Определите тип взаимодействия аллельных генов.

Решение задачи

Дано:
 ♀ - белые пятна на туловище, бел. брюхо.
 ♂ - сплошн. окраска
 F₁ - сплошн. окр., бел. пятна на ногах.

Решение.
 A – сплошная окраска; a – белые пятна на туловище, белое брюхо и конечности.
 P ♀aa × ♂AA
 F₁ Aa
 сплошная окр. с небольшими пятнами на ногах и др. частях туловища

Найти:
 P, F₁, F₂ - ?
 F₂ 1 AA
 сплошная окраска

P ♀Aa × ♂Aa
 2Aa 1aa
 спл. окр. с неб. пятнами на ногах белые пятна на туловище, белое брюхо и конечности

Ответ. Генотипы родителей – ♀aa, ♂AA. При скрещивании обнаруживается явление неполного доминирования. В F2 наблюдается расщепление по генотипу на 3 класса (1AA:2Aa:1aa), по фенотипу тоже - на три класса (1:2:1)

При сверхдоминировании у гибридов проявляется гетерозис (превосходство над родителями по жизнеспособности, энергии роста, плодовитости, продуктивности).

При **кодоминировании** у гибридов в равной мере проявляются оба родительских признака: оба аллеля проявляют свое действие в полной мере, причем у гомозигот AA развивается признак А, у гомозигот A1A1 – признак A1, а у гетерозигот AA1 развиваются оба признака. Эта форма взаимодействия генов относится, в первую очередь, к наследованию структуры белков и антигенов, обуславливающих группы крови.

Доминирование, связанное с полом, имеет место в том случае, когда один и тот же ген у самцов доминирует над своим аллелем, а у самок оказывается рецессивным.

Например, у овцематок доминирует комолость (В), а у баранов - рогатость (В1)

комолость – В,
рогатость – В1.

Типовая задача

Предположим, что гетерозиготная комолая овца спаривается с гетерозиготным рогатым бараном. Хотя они и имеют одинаковые генотипы, но проявление признака (рогатости, или комолости) зависит от пола животных. Каковы генотипы и фенотипы потомства?

Решение задачи

	комолая овца		рогатый баран
P	♀ BB1	X	♂ BB1
F1	BB, BB1,	B1B,	B1B1.
	♀ 3 комолых, 1 рогатая;	♂ 1 комолый, 3 рогатых.	

Учитывая, что оба родителя гетерозиготны, они продуцируют гаметы 2-х типов, поэтому в F1 получаем соответственно три разных комбинации гамет.

Фенотип маток при одинаковом генотипе отличается от фенотипа баранов, поэтому в F1 расщепление среди ярок и баранчиков следует рассматривать порознь.

Ответ: расщепление среди ярок составляет: 3 комолых, 1 рогатая; а среди баранчиков 3 рогатых, 1 комолый.

Задачи для самостоятельного решения

1. У шортгорнского скота чалую окраску имеют особи, гетерозиготные по аллелям красной и белой окрасок. Белые шортгорнские телки часто бывают бесплодными. Имеется сообщение, что от одного белого шортгорнского быка было получено 20 чалых и красных телок с нормальной плодовитостью 10 белых телок, которые оказались бесплодными. Нет ли в этом сообщении чего-то, вызывающего сомнение в его достоверности?

2. При скрещивании курчавоперых кур с петухами, имеющими нормальное оперение, было получено 203 курчавоперых и 197 нормальных по оперению цыплят. При дальнейшем скрещивании курчавоперых кур из F₁ друг с другом было получено следующее потомство: 78 курчавоперых, 45 с нормальным оперением, 40 сильно курчавоперых. Как наследуется курчавоперость у кур? Каковы генотипы всех особей, участвующих в скрещивании? Какого потомства следует ожидать от скрещивания сильно курчавоперых особей с нормальными?

3. По данным шведских генетиков, некоторые формы шизофрении наследуются как доминантные аутосомные признаки. При этом у гомозигот пенетрантность равна 100%, у гетерозигот - 20%. Определите вероятность рождения больных детей в семье, где один из супругов гетерозиготен, а другой нормален в отношении анализируемого признака. Определите вероятность рождения больных детей в браке двух гетерозиготных родителей.

4. У мексиканского дога ген, вызывающий отсутствие шерсти, в гомозиготном состоянии ведет к гибели потомства. При скрещивании двух нормальных догов часть потомства погибла. При скрещивании того же самца с другой самкой гибели потомства не было. Однако при скрещивании между собой потомков этих двух скрещиваний опять наблюдалась гибель щенков. Определите генотипы всех скрещиваемых особей.

5. Серая окраска ширази у ряда пород овец (каракульская, сокольская, малич) ценится значительно выше, чем черная. Но попытки разведения ширази «в себе» не удавались. По данным Глембоцкого, расщепление по гену серой окраски овец по двум совхозам «Караул –Базар» и «Каракуль» составило при рождении ягнят 1081 ширази и 1115 особей с черной окраской. В дальнейшем наблюдалась значительная гибель ягнят ширази, связанная с недоразвитием у них рубца. Это наносило значительный экономический ущерб хозяйствам. Предложите способ, как избежать ущерба, наносимого гибелью части ягнят ширази.

6. От скрещивания рогатого барана с рогатыми овцами получено :от одной – два рогатых потомка, от другой – один рогатый и один комолый. При скрещивании того же барана с комолой овцой получено два потомка, оба безрогие.

Как наследуется рогатость у овец? Каковы генотипы у родителей и потомков?

7. Желтая морская свинка при скрещивании с белой всегда дает кремовых потомков. Скрещивание кремовых свинок между собой дает расщепление – 1 желтая, 1 белая, 2 кремовые.

Какой тип взаимодействия аллельных генов имеет место в данном случае? Какого потомства следует ожидать при скрещивании кремовой морской свинки с белой?

8. В колхозном стаде села Криничный Луг от скрещивания чалых (серо-голубых) шортгорнов получено 405 телят. Из них 204 теленка имели окраску родителей.

Определите генотипы и фенотипы остальной части потомства, если известно, что чалые шортгорны рождаются при скрещивании красных и белых животных.

9. 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 лошадей такой масти не увенчались успехом. При их скрещивании всегда возникало расщепление в отношении 1 гнедая:2 паломино: 1 альбинос. Как это можно объяснить? Как наследуется окраска паломино у лошадей?

10. Арахнодактилия (паучьи пальцы) наследуется как доминантный аутосомный признак с пенетрантностью 30%. Определите вероятность появления аномалии в семье, где оба родителя гетерозиготны по данному гену и у них уже родился один ребенок с паучьими пальцами.

11. В одном из кролиководческих хозяйств Донецкой области Украины от скрещивания кроликов дикой окраски с гималайскими получено 120 крольчат, из них 60 с окраской дикого типа, 29 гималайских и 32 альбиносов. Определите генотипы родителей и потомков.

12. Подагра определяется доминантным аутосомным геном. По некоторым данным, пенетрантность гена в гетерозиготном состоянии у мужчин составляет 20%, а у женщин практически равна нулю. Какова вероятность заболевания подагрой для детей в семье, где один из родителей гетерозиготен, а другой нормален по анализируемому признаку?

13. Платиновые лисицы иногда ценятся выше, чем серебристые, что диктуется модой. В это время звероводческие хозяйства стараются получить как можно больше платиновых щенков. Какие пары наиболее выгодно скрещивать для получения платиновых лисиц, если известно, что платиновость и серебристость определяются аллельными аутосомными генами, платиновость доминирует над серебристостью, но в гомозиготном состоянии ген платиновости вызывает гибель зародыша?

14. В браках людей, имевших группу крови MN, у 151 ребенка были обнаружены следующие группы крови: 39 детей с группой крови N, 70 детей с группой крови MN, 42 ребенка с группой крови M. Как наследуются группы крови системы MN?

15. Серповидноклеточная анемия – замена нормального гемоглобина А на S –гемоглобин, в результате чего эритроциты принимают форму серпа в условиях пониженного содержания кислорода в атмосфере. У гомозиготных индивидов заболевание приводит к смерти обычно в раннем возрасте. Гетерозиготные люди жизнеспособны, их выявляют, помещая каплю крови в газовую среду без кислорода. Интересно, что малярийный плазмодий не может использовать для своего питания S-гемоглобин, поэтому люди, имеющие эту форму гемоглобина, не болеют малярией. Наибольшее распространение этот ген имеет в странах Средиземноморья.

Какова вероятность рождения детей, устойчивых к малярии, в семье, где один из родителей гетерозиготен по гену серповидноклеточной анемии, а другой нормален в отношении этого признака? Какова вероятность рождения детей, чувствительных к малярии, в семье, где оба родителя устойчивы к этому заболеванию?

16. Из-за сильного укорочения ног одна из пород кур названа ползающими курами. При инкубации 15000 яиц, полученных от скрещивания ползающих кур между собой, вывелось 11247 цыплят, из которых 3723 цыпленка оказались с нормальными длинными ногами, остальные - коротконогими. Определите генотипы вылупившихся цыплят и дайте характеристику генам.

17. От одной шортгорнской коровы было получено 5 телят, из них один бычок красной масти, две телочки – чалой и две – красной масти. Можно ли определить масть быка и коровы, от которых родились эти телята?

18. Признак укороченных ног у кур – К - 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 7000 цыплят. Сколько среди них будет коротконогих?

19. 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?

20. Гетерозиготный бык голштинской породы несет рецессивный ген, вызывающий отсутствие шерсти. В гомозиготном состоянии этот ген ведет к гибели теленка. Определите вероятность рождения нежизнеспособного теленка от скрещивания этого быка с одной из его дочерей от нормальной коровы.

21. В 19 в. была популярной коротконогая порода крупного рогатого скота - декстер. Однако при подсчете потомства от внутривидового скрещивания оказалось, что $\frac{1}{4}$ телят рождается мертвыми, а $\frac{1}{4}$ - нормально длинноногими. Определите генотипы коротконогих особей и дайте характеристику генам.

22. У пчел ген, определяющий вискокрылость, проявляется только в гетерозиготном состоянии, в гомозиготном состоянии он вызывает гибель организма. Известно, что у пчел самцы развиваются из неоплодотворенных яиц и являются гомозиготными.

Определите: а) фенотипы и генотипы потомства от скрещивания вискокрылой пчелы с нормальным трутнем; б) фенотипы и генотипы самцов-потомков вискокрылых пчел.

23. Рассел обнаружил в линии черных домашних мышей особей, у которых на животе и изредка на спине располагаются белые пятна. Скрещивание пятнистых мышей с черными дает как черное, так и пятнистое потомство. Скрещивание пятнистых мышей между собой дает те же потомства, но при этом некоторое количество эмбрионов гибнет в возрасте 14 дней. Хвосты у этих эмбрионов закручены, а позвонки раздвоены. Какова генетическая основа этих результатов? Какие признаки доминантны, а какие рецессивны?

4 НАСЛЕДОВАНИЕ ГРУППЫ КРОВИ И РЕЗУС-ФАКТОРА

Одним из важных разделов современной генетики является иммуногенетика. Она изучает наследственную обусловленность факторов иммунитета, разнообразие и наследование тканевых антигенов и тканевую несовместимость. Иммуногенетика возникла в 20 в. на основе изучения групповых факторов крови по АВО- и Rh-системам, лейкоцитарных и эритроцитарных антигенов, сывороточных глобулинов, гемоглобинов и др.

Установлены два основных пути, по которым протекают иммунные реакции в организме: гуморальный и клеточный. Первый связан с синтезом в крови белковых молекул (иммуноглобулинов или антител), а другой – с появлением клеток, способных распознавать и уничтожать возбудителя болезни (клеточный иммунитет). Антитела способны связываться с антигенами (чужеродными молекулами), нейтрализуя их вредное действие.

Остановимся кратко на некоторых особенностях иммунитета

Гуморальные факторы включают циркулирующие белки, которые образуются в ответ на различные внешние и внутренние воздействия (ожоги, инфекции, злокачественные новообразования и др.). К специфическим гуморальным факторам относятся иммуноглобулины. Выделяют несколько классов иммуноглобулинов (G, A, M, D, E). Для их строения характерно наличие двух тяжелых и двух легких полипептидных цепей, соединенных между собой дисульфидными мостиками. Легкие цепи определяют генетические детерминанты, а тяжелые – специфичность самих иммуноглобулинов.

Имуноглобулин G составляет 70-75% общего количества иммуноглобулинов. Данный класс иммуноглобулинов является единственным, проходящим через плацентарный барьер к плоду.

Иммуноглобулины А составляют примерно 20%, участвуют в формировании местного иммунитета, препятствуют цитологическому разрушению собственных тканей.

Иммуноглобулины D составляют около 0, 2%. Роль в организме мало изучена.

Иммуноглобулины Е содержатся в плазме, участвуют в аллергических реакциях, в процессе тромбообразования и др.

Таким образом, гуморальные факторы иммунитета, и прежде всего, иммуноглобулины в сыворотке и других биологических жидкостях являются важным маркером иммуногенетических и иммунологических сдвигов в организме.

Клеточные факторы иммунитета включают лимфоциты, моноциты, макрофаги, гранулоциты. К зрелым лимфоцитам относятся Т-лимфоциты, В-лимфоциты. В состав Т-лимфоцитов входят Т-хелперы (усиливающие иммунный ответ) и Т-киллеры.

Т-лимфоциты составляют 60-70% лимфоцитов в периферической крови. Они выполняют различные функции: убивают чужеродные клетки, активизируют образование антител, выделяют токсические вещества (лимфокины), вызывающие цитолиз клеток-мишеней и др.

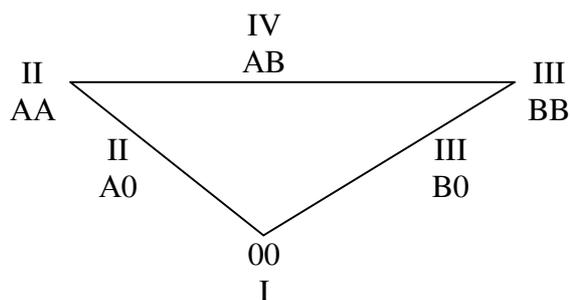
В-лимфокины через целый ряд стадий продуцируют антитела, т.е. специфические иммуноглобулины. Практически В-лимфоциты в разные периоды существования в клетке являются звеньями гуморального иммунитета.

Макрофаги захватывают и перерабатывают антигены для представления их Т-лимфоцитами активации последних. Кроме того, функции макрофагов заключаются в повышении фагоцитарной активности, усилении метаболизма, увеличении экспрессии рецепторов клетки и др.

Наряду с указанными клеточными факторами иммунитета, имеются и другие факторы (киллеры, нейтрофилы и др.).

Система групп крови АВ0

В 1900г. К. Ландштейнером была открыта первая АВ0-система групп крови. Годом позже было показано, что группы крови наследуются. В 1924 г. Ф. Бергштейн установил, что система групп крови АВ0 определяется тремя аллелями (А, В, 0) одного и того же гена, т.е. эта система групп крови наследуется по типу множественных аллелей. Гены принято записывать как А, В, 0. В различных сочетаниях генов образуется четыре группы крови: I группа крови – 00, II группа – АА и А0; III группа – ВВ и В0; IV группа – АВ.



Любой диплоидный организм имеет две гомологичные хромосомы и, соответственно, не более двух аллелей одного гена. Аллели А и В являются доминантными по отношению к аллелю 0. Аллели А и В не подавляют друг друга, их действие проявляется независимо при образовании IV группы крови. Это явление получило название кодоминирования.

По данным ряда исследователей, среди европейского населения наиболее часто встречаются люди с I группой крови, реже с IV группой (см. табл.4).

Распространение аллелей группы крови АВ0 в различных странах мира(%)

Таблица 4

Популяция	0	A	B	AB
Русские	33, 3	37, 4	22, 8	6, 5
Французы	41, 6	47, 0	8, 0	3, 3
Китайцы	28, 6	26, 6	32, 0	12, 8
Японцы	30, 1	38, 4	21, 9	9, 7
Австралийцы	60, 7	39, 3	0	0
Бразильцы (Бороро)	100	0	0	0

Различия крови человека по системе АВ0 основаны на комбинациях двух изоантигенов (А и В) в эритроцитах и двух антител (а b) в плазме крови. Эти различия необходимо учитывать при переливании крови.

Типовая задача

Какие группы крови возможны у детей, если у их матери – II, а у отца – IV группа крови? Почему?

Решение задачи

1. Пользуясь приведенной выше таблицей, определяем генотип матери (AA или A0) и гаметы, образующиеся у нее в результате мейоза (А или А и 0).

2. Таким же образом определяем генотип отца (AB) и образующиеся у него гаметы (A и B).

3. Строим решетку Пеннета и определяем возможные зиготы (генотипы детей), образующиеся при случайной встрече и слиянии этих гамет.

Схематически записываем в генном выражении:

Группа крови (фенотипы) Р	II	IV		II	IV	
Генотипы	♀ AA	× ♂ AB		♀ A	× ♂ AB	
Гаметы	A	A	B; 0	A	A	B
Типы зигот	AA	AB	A0	AB	A	0B
Группа крови у детей (фенотипы)	II	IV	II	IV	II	III

Ответ. Дети могут иметь любую группу крови (II, III, IV), кроме I. Это объясняется гипотезой чистоты гамет и законом Менделя расщепления потомства в результате случайной комбинации трех аллельных генов A, B, 0 по два.

Резус – фактор

В 1940 г. К.Ландштейнер и А.Винер обнаружили антиген, содержащийся в крови человека и макаки - резус, - резус-фактор (Rh). В простейшем случае резус – положительность (Rh) доминирует над резус-отрицательностью (rh). Известно, что 85% людей являются резус-положительными и 15% - резус-отрицательными.

Установлено, что резус-фактор определяется рядом тесно сцепленных генов, что обуславливает большое разнообразие вариантов резус-несовместимости. Кроме того, показано, что несовместимость по резус-фактору матери и плода является причиной иммунного конфликта, приводящего к эритробластозу плода и гемолитической болезни новорожденных. Иммунный конфликт возникает у резус-отрицательной матери (rh rh) и резус-положительного плода (Rh Rh и Rh rh).

В период беременности у матери начинают вырабатываться Rh-антитела, которые губительно действуют на резус-положительный белок крови плода. Особенно опасны вторые и последующие роды, когда антитела в крови матери накапливаются в большом количестве. Это приводит к рож-

дению детей, страдающих анемией, гемолитической болезнью (желтухой) и другими патологиями.

Основной способ лечения эритроblastоза – удаление антител из крови больного ребенка и замещение крови (переливание крови сразу после рождения).

Задачи для самостоятельного решения

1. Определите и объясните, какие группы крови возможны у детей: а) если у их матери I группа, а у отца - II группа крови; б) если у матери I группа, а у отца – IV группа крови; в) если у матери I группа, а у отца – III группа крови.

2. В родильном доме перепутали двух мальчиков (назовем их условно Икс Игрек). Родители одного из них имеют I и IV группы крови, родители второго – I и III. Лабораторный анализ показал, у Игрека – I, у Икса – II группа крови. Определите, кто чей сын.

3. В другом родильном доме перепутали двух девочек (назовем их условно Альфа и Бета). Родители одной из них имеют II и IV группы крови, а родители другой – I и II группы. Лабораторный анализ показал, что у Альфы – I, а у Беты – II группа крови. Определите, кто чья дочь.

4. Объясните: а) какие группы крови возможны у детей, если у матери III группа, а у отца – IV группа крови; б) возможно ли путем исследования группы крови точно определить, кто чей сын (см. зад 2), если родители одного из мальчиков имеют II и III группы крови, а родители второго - I и II группы; в) в каком случае (при каком генотипе) дети не могут унаследовать группу крови ни от матери, ни от отца; почему?)

5. Отец ребенка – гомозиготный резус-положительный (P+), мать – резус-отрицательный (P⁻). Определите и объясните: а) какой генотип и фенотип ребенка; б) что произойдет в организме матери, если кровь развивающегося в матке зародыша попадет через послед в кровь матери, а кровь матери – в кровь зародыша; в) почему второй ребенок от этих родов может родиться мертвым.

6. Объясните: а) у какой женщины по резус-фактору (P + или P -) исключена вероятность заболевания ребенка гемолитической желтухой; почему; б) можно ли ребенку (реципиенту), у которого кровь I группы и резус-положительная, перелить донорскую резус-положительную кровь I группы; в) перелить резус-отрицательную той же группы.

7. В семье, где жена имеет I группу крови, а муж – IV, родился сын-дальтоник с III группой крови. Оба родителя различают цвета нормально. Определите вероятность рождения здорового сына и его возможные группы крови. Напомним, что дальтонизм наследуется как рецессивный сцепленный с X-хромосомой признак.

8. В семье у кареглазых родителей четверо детей: двое голубоглазых с I и IV и двое кареглазых со II и III группами крови. Определите вероятность рождения следующего ребенка с карими глазами и с I группой крови. Каковы генотипы родителей детей?

5 ДИ- И ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ ПРИ НЕЗАВИСИМОМ КОМБИНИРОВАНИИ ПРИЗНАКОВ

Скрещивание особей, различающихся по двум парам альтернативных признаков, называется **дигибридным**. Скрещивание особей, различающихся по многим признакам, называется **полигибридным**.

При ди- и полигибридном скрещивании могут быть два варианта.

Первый – неаллельные гены расположены в одной паре гомологичных хромосом (в этом случае гены сцеплены между собой и наследуются вместе); второй – гены расположены в негомологичных хромосомах (при мейозе расходятся в гаметы независимо друг от друга, образуя всевозможные комбинации в зиготе).

Рассмотрим наследование признаков, гены которых не сцеплены.

Типовая задача

Сколько и какие гаметы образуются у красноплодного растения томата, гетерозиготного по этому признаку и обладающего грушевидными плодами? Почему?

Решение задачи

Гены первой пары аллельных признаков (окраска плода) обозначить символами A и a , гены второй аллели (формы плода) – символами B и b .

1) Определить генотип томата: $Aabb$. Растение гетерозиготное по первой аллели – по окраске плода, значит, в каждой диплоидной клетке в первой паре гомологичных хромосом одна хромосома несет доминантный ген A , другая – рецессивный ген a , по второй аллели растение гомозиготное, значит, в каждой его клетке вторая пара гомологичных хромосом несет два одинаковых рецессивных гена bb . При наличии хотя бы одного доминантного гена крупноплодности B это растение не могло бы обладать грушевидными плодами.

Генетическая формула растения будет $A//a\ b//b$

2) Определить гаметы, образующиеся у этого растения. На основании гипотезы чистоты гамет у особи с генотипом $Aabb$ созревает два сорта гамет: Ab и ab . Цитологически это объясняется механизмом мейоза: в диплоидной клетке с генотипом $Aabb$, конъюгация и расхождение двух пар гомологичных хромосом могут происходить в двух вариантах. При любом из них образуется два сорта гамет – Ab и ab в равном количестве. Эти гаметы не равнозначны по составу генов Ab или ab .

Ответ: два сорта – Ab и ab . Причина – механизм мейоза.

Задачи для самостоятельного решения

1. Какого расщепления в потомстве по генотипу и фенотипу можно ожидать, если комолую черную корову, гомозиготную только по окраске шерсти, скрестить: а) с таким же быком; б) с гетерозиготным комолым красным быком; г) с гомозиготным комолым красным быком; д) с гомозиготным по обеим аллелям рогатым черным быком.

2. Темноволосая голубоглазая женщина, гомозиготная по двум аллелям, вступила в брак с темноволосым голубоглазым мужчиной, гетерозиготным по первой аллели. Каковы вероятные генотипы детей?

3. Темноволосая женщина с кудрявыми волосами, гетерозиготная по первому признаку, вступила в брак с мужчиной, имеющим темные гладкие волосы, гетерозиготным по первой аллели. Каковы вероятные генотипы детей?

4. В каком численном соотношении можно ожидать расщепление гибридного потомства, если скрещены: а) красноглазая серая дрозофила, гетерозиготная по двум аллелям с красноглазой черной дрозофилой, гетерозиготной по первой аллели; б) черная мохнатая крольчиха, гетерозиготная по двум аллелям, с белым мохнатым кроликом, гетерозиготным по второй аллели.

5. Муж и жена имеют вьющиеся (кудрявые) темные волосы. У них родился ребенок с кудрявыми светлыми волосами. Каковы возможные генотипы родителей?

6. Женщина со светлыми прямыми волосами вступила в брак с мужчиной, имеющим темные вьющиеся (кудрявые) волосы. Каковы генотипы родителей? Какими могут быть генотипы и фенотипы детей?

7. В семье родился голубоглазый темноволосый ребенок, похожий по этим признакам на отца. Мать у ребенка кареглазая темноволосая, бабушка по материнской линии – голубоглазая темноволосая, дедушка – кареглазый светловолосый, а бабушка и дедушка по отцовской линии – кареглазые темноволосые.

Составьте схему родословной этого рода и определите: а) каковы генотипы всех упомянутых лиц; б) какова вероятность рождения в этой семье голубоглазого светловолосого ребенка; в) какова вероятность рождения кареглазого светловолосого ребенка?

6 НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ

Признаки, расщепление по которым при скрещивании связано с полом, называются **сцепленными с полом**. Эти признаки обуславливаются генами, локализованными в половых хромосомах.

В соответствии с хромосомной теорией определения пола мужские и женские организмы различаются между собой одной парой хромосом, которая у одного пола представлена гомологичными, у другого – негомологичными хромосомами. Эту пару хромосом принято называть половыми хромо-

сомами, а организмы, несущие одинаковые половые хромосомы - гомогаметными, разные - гетерогаметными.

У млекопитающих, некоторых беспозвоночных, части насекомых (например, дрозофил) гомогаметным является женский пол, его половые хромосомы обозначаются XX, гетерогаметным - мужской (XY). У птиц, рыб, некоторых насекомых гомогаметными являются самцы (ZZ), гетерогаметными - самки (ZW).

Исключение составляют пчелы и другие животные, у которых пол определяется числом хромосом. Женский пол определяется 32 аутосомами, мужские особи пчел (трутни) имеют 16 аутосом.

У самцов млекопитающих, дрозофил и у самок птиц гены, локализованные в X-хромосоме, не имеют доминантных и рецессивных партнеров (аллелей) на Y-хромосоме. Рецессивные гены у них проявляют свое действие уже в ординарной дозе (гемизиготном состоянии) по типу доминантного.

Ген, находящийся в X-хромосоме гетерогаметного организма в ординарной дозе и проявляющий себя полностью, называется гемизиготным, а особь - гемизиготной. Признаки, гены которых находятся в X-хромосоме (у человека гены гемофилии, дальтонизма, у дрозофилы ген белоглазия и др.), проявляются полностью по одной аллели.

Самцы дрозофилы и самки кур являются гемизиготными (hemi-половина).

Y-хромосома имеет большие размеры, состоит преимущественно из гетерохроматина и является генетически инертной, за исключением, вероятно, некоторых генов, контролирующих воспроизводительную функцию и признаки пола.

При анализе наследования признаков, сцепленных с полом, необходимо помнить, что у организмов с XX- и XY-типом определения пола все дочери получают одну X-хромосому от матери, другую X-хромосому - от отца. Сыновья X-хромосомы получают только от матери. У организмов с ZZ- и ZW-типом определения пола наблюдается обратная картина.

Для анализа наследования признаков, сцепленных с полом, используются реципрокные спаривания и скрещивания.

Типовая задача

У человека дальтонизм (цветовая слепота) обусловлена рецессивным геном (d), локализованным в X-хромосоме, нормальное зрение - доминантным (D). Девушка, имеющая нормальное зрение, отец которой страдал цветовой слепотой, выходит замуж за нормального мужчину, отец которого также страдал цветовой слепотой. Какое зрение можно ожидать у детей от этого брака?

Решение задачи
 Дальтонизм - X^d
 Нормальное зрение – X^D



Задачи для самостоятельного решения

1. 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?

2. В лаборатории скрещивали красноглазых мух дрозофил с красноглазыми самками. В потомстве оказалось 75 красноглазых и белоглазых самцов и 76 красноглазых самок. Напишите генотипы родителей и потомства, если известно, что красный цвет глаз доминирует над белым, и что гены цвета глаз находятся на X-хромосоме

3. Классическая гемофилия передается как рецессивный, сцепленный с X-хромосомой, признак. Мужчина, больной гемофилией, женился на женщине, не имеющей этой болезни. У них рождаются нормальные дочери и сыновья, которые вступают в брак с не страдающими гемофилией лицами. Обнаружится ли у внуков вновь гемофилия и какова вероятность появления больных детей в семьях дочерей и сыновей? Мужчина, больной гемофилией, вступает в брак с нормальной женщиной, отец которой страдал гемофилией. Определите вероятность рождения в этой семье здоровых детей

4. Один любитель птиц из города Таганрога (С.В.Максимов), спаривая коричневую с хохолком канарейку с зеленым самцом без хохолка получил потомство в соотношении: 2 зеленые хохлатые самки, 1 коричневый хохлатый самец и 1 коричневый без хохолка самец. Определите генотипы родителей.

5. У некоторых пород кур гены, определяющие белый цвет и полосатую окраску оперения, сцеплены с Z-хромосомой. Полосатость доминирует над белой сплошной окраской. Гетерогаметный пол у кур женский. На птицеферме колхоза «Большевик» М-Курганского района Ростовской области белых кур скрестили с полосатыми петухами и получили полосатое оперение как у петухов, так и у кур. Затем полученных от первого скрещивания особей скрестили между собой и получили 615 полосатых петухов, 620 полосатых и белых кур. Определите генотипы родителей и потомков первого и второго поколений.

У юннатов средней школы им. Героя Советского Союза В.А. Хайло (с. Б.-Кирсановка) имеются полосатые петухи и белые куры. От их скрещивания получено 60 полосатых петухов и кур и 58 белых петухов и кур. Определите генотипы родителей и потомства..

6. У молодых цыплят нет заметных половых признаков, а между тем экономически целесообразно установить для будущих петушков и курочек различные режимы кормления. Нельзя ли для выявления пола воспользоваться тем обстоятельством, что, ген, определяющий черную или рябую окраску, находится в Z-хромосоме, причем рябая окраска доминирует? Различия между обеими окрасками становятся заметными сразу же после вылупления цыплят.

7. Известно, что «трехшерстные» кошки – всегда самки. Это обусловлено тем, что гены черного и рыжего цвета шерсти аллельны и находятся в X-хромосоме, но ни один из них не доминирует, а при сочетании рыжего и черного цвета формируются «трехшерстные» особи.

Какова вероятность получения в потомстве «трехшерстных» котят от скрещивания «трехшерстной» кошки с черным котом?

Какое потомство можно ожидать от скрещивания черного кота с рыжей кошкой?

8. Кареглазая женщина с нормальным зрением, отец которой имел голубые глаза и страдал цветовой слепотой, выходит замуж за голубоглазого мужчину, с нормальным зрением.

Какого потомства можно ожидать от этой пары, если известно, что ген карих глаз наследуется как аутосомный признак, а ген цветовой слепоты – как рецессивный, сцепленный с X-хромосомой?

9. Женщина правша с карими глазами и нормальным зрением вышла замуж за мужчину правшу, голубоглазого и дальтоника. Родилась голубоглазая дочь левша, страдающая дальтонизмом.

Какова вероятность того, что следующий ребенок в этой семье будет голубоглазым, левшой и дальтоником, если известно, что карий цвет глаз и умение владеть правой рукой – доминантные аутосомные несцепленные между собой признаки, а дальтонизм - рецессивный, сцепленный с X-хромосомой признак? Какой цвет глаз возможен у больных детей?

10. В Северной Каролине (США) изучали появление в некоторых семьях лиц, характеризующихся недостатком фосфора в крови. Это явление было связано с заболеванием специфической формой рахита, не поддающейся лечению витамином D. В потомстве от 14 мужчин, больных этой формой рахита, со здоровыми женщинами родились 21 дочь и 16 сыновей. Все дочери страдали недостатком фосфора в крови, а сыновья были здоровы. Какова генетическая обусловленность этого заболевания? Чем оно отличается от гемофилии?

11. Известно, что недостаток образования некоторых половых гормонов у мужчин связан с наличием в Y-хромосоме рецессивного аллеля гена, ответственного за синтез антигена H-Y. Как будет наследоваться гормональная недостаточность в ряду поколений? От кого юноша унаследовал этот дефект - от матери или от отца? Дайте теоретическое объяснение.

12. Мужчина, страдающий дальтонизмом и глухотой, женился на женщине, нормальной по зрению и хорошо слышащей. У них родился сын глухой и дочь-дальтоник, но с хорошим слухом.

Определите вероятность рождения в этой семье дочери с обеими аномалиями, если известно, что дальтонизм и глухота передаются как рецессивные признаки, но дальтонизм сцеплен с X-хромосомой, а глухота – аутосомный признак.

13.

Жила на свете кошечка,	Слепые, гладкошерст-
Проворна и смела,	ные
И шерстка у ней рыжая,	И вечно есть хотят.
Пушистая была.	Три самки многоцвет-
К ней котик черный,	ные,
Гладенький	Три рыженьких самца...
Нередко приходил,	Пусть мама гомозигот-
И разговоры нежные	ная,
С той кошкой заводил.	А генотип отца?
В положенные сроки	В F ₁ -катавасия:
Родилось шесть котят,	Есть кошки двух мастей,
	И двух мастей есть ко-
	тики.
	Пушистых часть детей...

Объясните полученные результаты с помощью генетической схемы.

7 ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

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

Схемы записи результатов гибридологического анализа при всех этих типах взаимодействия неаллельных генов ничем не отличаются от записи их при дигибридном или полигибридном скрещивании. Сходны и результаты скрещивания по типам гамет на различных этапах скрещивания, по типам и количественному соотношению генотипов. Единственное различие – в типах и количественном соотношении фенотипов. Для каждого из этих скрещиваний они специфичны, и именно по этому показателю определяется сам тип взаимодействия.

Новообразованием называется такой тип взаимодействия неаллельных генов, когда при их сочетании в одном организме развивается совершенно новая форма признака.

Например, у кур гены розовидного и гороховидного гребня не являются аллельными. Гороховидный и розовидный гребни доминируют над листовидными. При скрещивании кур породы виандот, имеющих розовидный гребень (RRcc) с петухами породы брама с гороховидным гребнем (rrCC) у потомков F₁ (RrCc) в результате взаимодействия двух доминантных генов R и C развивается новая форма гребня – ореховидная. Скрещивание потомков F₁ между собой ведет к получению в F₂(рис.1) четырех разных фенотипов в соотношении: 9- с гребнем ореховидной формы(R-C-), 3- с гребнем розовидной формы (R-cc), 3- со гороховидным гребнем (rrC-) b 1 – с листовидным (rrcc). Расщепление по фенотипу 9:3:3:1.

Взаимодействие неаллельных генов R и C обуславливает образование новой формы гребня, в то время как каждый из этих генов в отдельности проявляет свой собственный эффект. Особь с листовидным гребнем является двойным рецессивом (rrcc).

Комплиментарными называются неаллельные гены, которые при совместном взаимодействии в гомозиготном состоянии вызывают развитие нового признака, отсутствующего у родителей.

Например, при скрещивании белых минорок с белыми шелковистыми курами потомки получают окрашенными. Для развития окраски необходимо, чтобы в организме синтезировались тирозин (предшественник меланина) и фермент тирозингидроксилаза, без которого пигмент не образуется.

розовидный гороховидный
P ♀ RRcc × ♂ rrCC
ореховидный
RrCc
 F₁ × F₁
P ♀ RrCc × ♂ RrCc

F₂

Га- ме- ты ♀ ♂	RC	Rc	rC	Rc
RC	орехо- видный RrCC	орехо- видный RRCc	орехо- видный RrCC	орехо- видный RrCc

Co	окра- шен- ные ССОo	белые Ссоo	окра- шен- ные СсOo	белые Ссоo
сO	окра- шен- ные СсOO	окра- шен- ные СсOo	белые ссOO	белые ссOo
со	белые ссOo	белые Ссоo	белые ссOo	белые ссоo

Наследование окраски оперения у кур при комплементарном взаимодействии генов.

Эпистаз – тип взаимодействия неаллельных генов, при котором один ген подавляет действие другого неаллельного гена ($A > B$ или $A < B$).

Гены, подавляющие действие других генов, называются ингибиторами (супрессорами, эпистатическими), а подавляемые - гипостатическими. При доминантном эпистазе в качестве ингибитора (эпистатического) выступает доминантный ген, а при рецессивном эпистазе – рецессивный. При доминантном эпистазе у потомков F_2 могут быть два типа расщепления: 12:3:1 или 13:3; а при рецессивном эпистазе – 9:7 или 9:3:4.

Например, у лошадей серая доминирующая масть, связанная с ранним поседением, перекрывает все другие масти. При скрещивании серой лошади генотипа $CCBB$ с рыжей, генотипа $ccbb$, в F_1 все потомки будут серыми с генотипом $CcBb$. При скрещивании потомков F_1 между собой в F_2 (рис.3) наблюдается расщепление по фенотипу: 12 серых ($C---$), 3 вороных ($ccB-$) и 1 рыжая ($ccbb$). Аллель серой масти (C) перекрывает действие других независимых генов окраски. Все лошади, имеющие в генотипе аллель C , будут серыми. Если аллель C отсутствует, при наличии в генотипе аллеля B лошадь будет вороной ($ccBB$, $ccBb$), и лошадь с генотипом $ccbb$, двойным рецессивом, будет рыжей окраски.

	серая		рыжая
P	♀ $CCBB$		x ♂ $ccbb$
F_1		серая	
		$CcBb$	
P	F_1 ♀ $CcBb$	x	F_1 ♂ $CcBb$
F_2			

Гаметы ♀ ♂	CB	Cb	cB	cb
CB	серая ССВВ	серая ССВb	серая CcВВ	серая CcВb
Cb	серая ССВb	серая ССbb	серая CcВb	серая Ccbb
cB	серая CcВВ	серая CcВb	вороная ccВВ	вороная ccВb
cb	серая CcВb	серая Ccbb	вороная ccВb	рыжая ccbb

Эпистаз при наследовании серой, вороной и рыжей масти у лошадей

Полимерией называется такое явление, когда развитие того или иного признака организма обусловлено взаимодействием двух или более пар генов, оказывающих сходное воздействие на развитие этого признака.

Полимерия может проходить по аддитивному (когда действие полимерных генов суммируется) или по мультативному типу (действие полимерных генов как бы перемножается).

По типу полимерии наследуются все количественные признаки (живая масса, прирост, удой, жирномолочность, настриг шерсти, яйценоскость и др.). При полимерном наследовании развитие признака обуславливается двумя или несколькими парами однозначно действующих генов. Чем больше доминантных полимерных генов содержит организм, тем сильнее выражен признак.

Полимерные гены обозначаются одинаковыми буквами с соответствующим индексом. Например, три пары полимерных генов можно обозначить $A_1 A_1 A_2 A_2 A_3 A_3$ или $a_1 a_1 a_2 a_2 a_3 a_3$.

Рассмотрим пример наследования окраски зерен пшеницы при взаимодействии 2-х пар полимерных генов. Различают две основные окраски зерен: красную и белую. Исходя из этого, генотип пшеницы с темно-красным зерном, будет $A_1 A_1 A_2 A_2$, а с белым – $a_1 a_1 a_2 a_2$. Темно-красная окраска – 4А, красная – 3А, светло-красная – 2А, бледно-красная – 1А, белая – 4а.

При скрещивании пшеницы с темно-красной окраской зерна с белозерной пшеницей получим:

	темно-красное зерно	x	белое зерно
P	♀ $A_1 A_1 A_2 A_2$		♂ $a_1 a_1 a_2 a_2$
F ₁	светло-красное зерно $A_1 a_1 A_2 a_2$		

Продолжая скрещивание, получим F₂

	F ₁	x	F ₂
P	♀ $A_1 a_1 A_2 a_2$		♂ $A_1 a_1 A_2 a_2$

В F₂ получили расщепление по фенотипу (рис.4): 1 часть растений с темно-красным зерном (A₁A₁A₂A₂); 4 – с красным (2 a₁A₁A₂A₂; 2 A₁A₁a₂A₂); 6 - со светло-красным (4 A₁ a₁ A₂ a₂; A₁ A₁a₂ a₂; a₁ a₁ A₂ A₂); 4 – с бледно-красным (2 A₁ a₁a₂ a₂; 2 a₁ a₁ A₂ a₂); 1 – с белым зерном (a₁ a₁ a₂ a₂) – 1:4:6:4:1.

F₂

Гаметы ♂ ♀	A ₁ A ₂			
A ₁ A ₂	темно-красное A ₁ A ₁ A ₂ A ₂	красное A ₁ A ₁ A ₂ a ₂	красное A ₁ a ₁ A ₂ A ₂	светло-красное A ₁ a ₁ A ₂ a ₂
A ₁ a ₂	красное A ₁ A ₁ A ₂ a ₂	светло-красное A ₁ A ₁ a ₂ a ₂	светло-красное A ₁ a ₁ A ₂ a ₂	бледно-красное A ₁ a ₁ a ₂ a ₂
a ₁ A ₂	красное A ₁ a ₁ A ₂ A ₂	светло-красное A ₁ a ₁ A ₂ a ₂	светло-красное a ₁ a ₁ A ₂ A ₂	бледно-красное a ₁ a ₁ A ₂ a ₂
a ₁ a ₂	светло-красное A ₁ a ₁ A ₂ a ₂	бледно-красное A ₁ a ₁ a ₂ a ₂	бледно-красное a ₁ a ₁ A ₂ a ₂	белое зерно a ₁ a ₁ a ₂ a ₂

Наследование окраски зерен пшеницы при полимерии.

Модифицирующее действие генов. Гены, не проявляющие собственного действия, но усиливающие или ослабляющие эффект действия других генов, называются генами-модификаторами.

Например, у ряда пород кур (черные испанские, орпингтоны, польские и др.) при действии генов –ослабителей черной пигментации происходит ослабление и нарушение стандартной окраски оперения.

Ген Li – ослабитель коричневой окраски оперения, сцепленный с полом, превращает все участки оперения коричневой окраски в бледно-желтые. Рецессивный аутосомный мутантный ген лавандовой окраски lav превращает черную окраску оперения в серую, а красную - в палевую.

У кроликов известен ген- модификатор H, усиливающий голубую масть у венской голубой породы.

У крупного рогатого скота гены-модификаторы контролируют пеструю окраску у группы черно-пестрых пород.

Задачи для самостоятельного решения

1. В первом поколении от зеленого и белого волнистых попугайчиков все потомство оказалось зеленым. Во втором поколении выделяются фенотипические классы в следующем отношении: 29 зеленых, 8 желтых, 9 голубых, 2 белых попугайчиков. Каковы генотипы родителей и потомков? Какие еще два фенотипических класса попугайчиков можно скрестить, чтобы получить такое же расщепление в F_2 ?

2. От скрещивания платиновой норки с серебристо-соболиным самцом было получено 6 коричневых норок и 5 серебристо-соболиных. При скрещивании той же самки с другим серебристо-соболиным самцом в нескольких пометах получили: 7 – серебристо-соболиных, 6 – с очень редкой и красивой окраской «дыхание весны», 8 – коричневых, 6 – платиновых норок.

При скрещивании между собой двух норок с окраской меха «дыхание весны» в потомстве всегда вылеплялась примерно треть особей с платиновой окраской. Определите генотипы родителей и потомков. Как наследуется окраска меха «дыхание весны» у норок? Какого потомства следует ожидать от скрещивания норок с окраской меха «дыхание весны» с коричневым самцом?

3. В зверохозяйстве «Дар Валдая» скрещиваются две линии норок с бежевой и серой окраской меха. У гибридов F_1 наблюдается коричневая окраска меха (дикий тип). У гибридов F_2 получили следующее расщепление: 14 серых, 46 коричневых, 5 кремовых, 16 бежевых норок. Как наследуются эти окраски? Какое может быть получено потомство от скрещивания гибридных коричневых норок с кремовыми?

4. При скрещивании коричневоглазых дрозофил одной линии с ярко-красноглазыми мухами другой линии все потомство F_1 имело нормальные темно-красные глаза (дикий тип). Во втором поколении было обнаружено: 116 мух с нормальными глазами, 44 – с коричневыми, 42 – с ярко-красными, 13 – с белыми глазами. Откуда в потомстве F_2 взялись белоглазые мухи? Определите характер взаимодействия генов и дайте характеристику действия каждого из них в процессе образования глазных пигментов у дрозофилы.

5. От скрещивания зеленых малых меченосцев в первом поколении все рыбки были кирпично-красной окраски, а во втором поколении получено 50 кирпично-красных, 5 лимонных, 18 алых и 17 зеленых. Как наследуется окраска тела у меченосцев? Определите генотипы исходных родительских форм рыб. Что получится, если скрестить алых меченосцев с лимонными?

6. Белое оперение у кур определяется двумя парами несцепленных неаллельных генов. В одной паре доминантный ген определяет окрашенное оперение, рецессивный – белое оперение. В другой паре доминантный ген подавляет окраску, рецессивный – не подавляет окраску.

А). При скрещивании белых кур получено потомство из 1680 цыплят. Среди них 315 цыплят имели окрашенное оперение, а остальные – белое. Определите генотипы родителей и окрашенных цыплят.

Б). На птицеферме ГППЗ «Надежда» скрещивали белых кур с пестрыми и получили 5055 белых цыплят, окрашенных – 3033. Определите генотипы родителей и потомства.

В). На птицефабрике «Алексеевская» от скрещивания кур белой и пестрой окраски получено 917 пестрых и 915 белых цыплят. Определите генотипы родителей и потомства.

7. Окраска мышей определяется двумя парами неаллельных несцепленных генов. Доминантный ген одной пары обуславливает серый цвет, его рецессивный аллель – черный. Доминантный ген другой пары способствует проявлению цветности, его рецессивный аллель подавляет цветность.

А). При скрещивании серых мышей между собой получено потомство из 85 серых, 36 белых и 29 черных мышей. Определите генотипы родителей и потомства.

Б). При скрещивании серых мышей между собой получили потомство из 60 серых и 19 черных мышей. Определите генотипы родителей и потомства.

8. При скрещивании черных собак породы коккер-спаниель получается потомство четырех мастей: 18 черных, 6 рыжих, 6 коричневых, 2 светло-желтых щенка. Черный коккер-спаниель был скрещен со светло-желтым. От этого скрещивания в потомстве был светло-желтый щенок. Какое соотношение мастей в потомстве можно ожидать от скрещивания того же черного спаниеля с собакой одинакового с ним генотипа?

9. У человека имеется несколько форм наследственной близорукости: умеренная (от $-2, 0$ до $-4, 0$) и высокая (выше $-4, 0$). Они обусловлены аутосомными доминантными (А и В) не сцепленными между собой генами. В семье, где мать была близорукой, а отец имел нормальное зрение, родилось двое детей: дочь и сын. У дочери оказалась умеренная форма близорукости, а у сына - высокая.

Какова вероятность рождения следующего ребенка в семье здоровым, если известно, что у матери близорукостью страдал только один из родителей?

Следует иметь в виду, что у людей, имеющих гены обеих форм близорукости, проявляется только одна – высокая.

10. Форма гребня у кур может быть листовидной, гороховидной, розовидной и ореховидной. При скрещивании кур, имеющих ореховидные гребни, потомство получилось со всеми четырьмя формами гребней в отношении: 9 ореховидных, 3 гороховидных, 3 розовидных, 1 листовидный.

Определите вероятные соотношения фенотипов в потомстве от скрещивания получившихся 3 гороховидных особей с 3 розовидными особями.

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

А). Определите рост людей, гетерозиготных по всем трем парам генов роста.

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

12. У разводимых в звероводческих хозяйствах норок цвет меха определяется двумя парами несцепленных неаллельных генов. Доминантные гены обоих аллелей определяют коричневую, а рецессивные – платиновую окраску меха.

А). Какое потомство получится при скрещивании двух гетерозиготных по обеим парам генов норок?

Б). При скрещивании каких родительских пар все потомство окажется коричневым?

13. При скрещивании кур с розовидным и гороховидным гребнем все потомство оказалось с ореховидными гребнями. Возвратное скрещивание их с родителями, имеющими розовидный гребень, дало половину потомков с ореховидным гребнем и половину с розовидным. При скрещивании потомков F_1 друг с другом, помимо уже имеющих форм гребня в потомстве появились особи с простым листовидным гребнем (примерно 1/16 часть). Как это можно объяснить? Как наследуется форма гребня у кур?

14. При скрещивании собак черной и белой масти было получено примерно половина белых, 3/8 – черных и 1/8 – коричневых щенков. Как это можно объяснить? Каковы генотипы родителей и потомков?

8 СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ И КРОССИНГОВЕР

Ранее мы рассмотрели дигибридное скрещивание и уяснили, что независимое комбинирование признаков объясняется тем, что расщепление одной пары аллельных генов, определяющих соответствующие признаки, происходит независимо от другой пары. Однако это наблюдается только в том случае, когда гены разных пар находятся в разных парах хромосом и при образовании половых клеток гибрида в мейозе отцовские и материнские хромосомы независимо комбинируются. Однако количество хромосом очень ограничено по сравнению с количеством признаков, каждый из которых развивается под контролем определенного гена. Так, у дрозофилы известно около 7000 генов при четырех парах хромосом. Предполагается, что у человека не менее 50 тыс. генов при 23 парах хромосом и т.д. Отсюда очевидно, что в каждой паре хромосом должны быть локализованы сотни аллелей. Естественно, что между генами, которые находятся в одной хромосоме, наблюдается сцепление и при образовании половых клеток они должны передаваться вместе..

Сцепленное наследование в 1906 г. открыли английские генетики У. Бэтсон и Р. Пеннет, но природу этого явления в 1910 г. выяснили. Т. Морган и его сотрудники К. Бриджес и А. Сертевант. Морганом сделан вывод о том, что гены, расположенные в одной хромосоме, представляют собой группу сцепления.

Сцепление генов – это совместное наследование генов, расположенных в одной и той же хромосоме. Количество групп сцепления соответствует гаплоидному числу хромосом. Например, у дрозофилы 4 группы сцепления, у человека - 23, у крупного рогатого скота - 30, у свиней – 19 и т.д.

Гены расположены в линейной последовательности в хромосомах и находятся на определенном расстоянии друг от друга.

В зависимости от расстояния между генами сцепление может быть полным и неполным. При полном сцеплении гены всегда передаются вместе. В этом случае при мейозе ди-, три-, полигибридная особь способна образовывать столько различных типов гамет, сколько и гетерозиготная по одному признаку то есть два.

При дигибридном скрещивании генотипы особей условно записывают так: АВ//ab; тригибридном - ABC/abc, а гаметы – АВ, ab, ABC, abc соответственно.

Причиной *неполного сцепления* является **кроссинговер** (перекрест хромосом в 1 делении мейоза). Обмен генетическим материалом в мейозе происходит почти буквально между всеми гомологическими хромосомами. Гаметы и особи с новыми сочетаниями признаков, появившихся в результате кроссинговера, называются **кроссоверами** или **рекомбинантами**, а само явление – **генетической рекомбинацией**.

При дигибридном скрещивании в результате кроссинговера возникают новые типы гамет – Ab и aB.

Чем дальше расположены в хромосоме гены друг от друга, тем меньше «сила сцепления» и тем чаще между ними происходит кроссинговер. Гаметы, у которых аллели генов те же, что и в клетках родителей, называют **некроссоверными**, а гаметы, у которых в результате кроссинговера аллели изменились – **кроссоверными**.

Частота кроссинговера определяется в процентах и показывает расстояние между генами.

$$\text{Частота кроссинговера} = \frac{n_1}{n} \cdot 100\%$$

где n_1 - число кроссоверов;

n - общее число потомков.

Количеством кроссоверных особей характеризуют полноту сцепления исследуемых генов. При это за условную единицу сцепления или относительного расстояния (перекреста) между генами принят 1% кроссинговера. Эта единица называется **морганидой** или **сантиморой**.

Количество кроссоверных особей никогда не превышает 50%, т.к. при очень больших расстояниях между генами чаще происходит двойной кроссинговер и часть кроссоверных особей остается неучтенной.

По частоте кроссинговера определяют расстояние между генами, строят **карты хромосом**, т.е. последовательно располагают гены в линейном порядке на определенном расстоянии друг от друга по длине хромосомы. При построении карт хромосом пользуются результатами гибридологического анализа, в частности, анализирующего скрещивания.

Допустим, что при гибридологическом анализе получено следующее количество кроссоверных особей по одной группе сцепления из четырех признаков А и В – 2%, А и С – 7%, А и Д – 10%. Отсюда, приняв за начало хромосомы локус с геном А, карту расположения генов на данной хромосоме можно изобразить так:



Типовая задача

У дрозофилы признаки окраски тела и формы крыльев сцеплены. Темная (черная) окраска тела рецессивна по отношению к серой, а короткие крылья – к длинным. В лаборатории скрещивались серые длиннокрылые самки, гетерозиготные по обоим признакам, с самцами, имеющими черное тело и короткие крылья. В потомстве оказалось серых длиннокрылых особей 1394; черных короткокрылых – 1418, черных длиннокрылых – 287, серых короткокрылых – 288. Определите расстояние между генами.

Решение задачи

Темная окраска – а, серая окраска – А,
короткие крылья – в, длинные крылья – В.

Р	♀ АВ//аb	х	♂ аb//аb	
Гаметы	АВ аb		Аb аb	Аb аВ
	не кроссоверные	кроссоверные		

F ₁	серые	черные	серые	черные
	длиннокр.	коротк.	коротк.	длиннокр.
	АВ//аb	аb//аb	Аb//аb	аВ//аb
	1394	1418	288	287
	Потомство, полученное с участием некроссоверных гамет (полное скрещивание)		Потомство, полученное с участием кроссоверных гамет.	

Частота кроссинговера =

$$\frac{n_1}{n} * 100\% = (288 + 287 / 3387) * 100\% = 16,97\%$$

Таким образом, относительное расстояние (перекрест) между генами А и В составляет 16,97% (морганид, сантимор).

Задачи для самостоятельного решения

1. При скрещивании самки с генотипом Em//eM и самца em//em в F₁ получено 9% кроссоверных особей. Выпишите генотипы потомства и процент особей каждого генотипа.

2. У дрозофилы рецессивный ген (b) обуславливает черное тело, а ген р – пурпурный цвет глаз. Их доминантные аллели – ген серого тела (в) и ген красного цвета глаз(Р).

При скрещивании дигетерозиготной самки с таким же по фенотипу гомозиготным самцом получено 43% потомков серого цвета с пурпурными глазами, 43% - с черным телом и красными глазами и по 7% потомков с проявлениями доминантных и рецессивных признаков. Как наследуются эти гены и какой генотип потомков?

3. У дрозофил признаки окраски тела и длины крыльев сцеплены. Темная окраска тела рецессивна по отношению к серой, короткие крылья - к длинным. В лаборатории скрещивались серые длиннокрылые самки, гетерозиготные по обоим признакам, с самцами, имеющими черное тело и короткие крылья. В потомстве оказалось: серых длиннокрылых особей – 1387, черных короткокрылых – 1402, черных дллиннокрылых – 285, серых короткокрылых – 286. Определите расстояние между генами окраски тела и длины крыльев.

4. У крыс темная окраска шерсти доминирует над светлой, розовый цвет глаз над красным. Оба признака сцеплены. В лаборатории от скрещивания розовоглазых темношерстных крыс с красноглазыми светлошерстными получено потомство: светлых красноглазых – 27, темных розовоглазых - 30, светлых розовоглазых - 27, темных красноглазых - 29. Определите расстояние между генами.

5. При спаривании дигибридного хряка (AaBb) с рецессивными свиноматками получено следующее расщепление в F₁ по фенотипу: поросят с двумя доминантными признаками(A...B...) – 30, с двумя рецессивными признаками(aabb) – 32, поросят фенотипа A...bb – 5 и фенотипа aaB... – 3.

Как наследуются эти признаки и какое расстояние между контролирующими их генами?

6. При скрещивании курицы, дигетерозиготной по генам А и В, с рецессивным петухом получено следующее расщепление потомства по фенотипу: A...B...; A...bb; aaB...; aabb = 25%, 25%, 25%, 25%, соответственно. Определите, как наследуются гены А, а и В, b – сцепленно или свободно комбинируются?

7. У дрозофилы кроссинговер между генами *b* и *d* составляет 30%. Определите, какое будет потомство F_2 от скрещивания мух линий *bbdd* x *BBDD* и *bbDD* x *BBdd*.

8. Классическая гемофилия и дальтонизм наследуются как рецессивные признаки, сцепленные с X-хромосомой. Расстояние между генами определено в 9, 6 морганиды.

1). Девушка, отец которой страдает одновременно гемофилией и дальтонизмом, а мать здоровая и происходит из благополучной семьи по этим заболеваниям, выходит замуж за здорового мужчину. Определите вероятные фенотипы детей от этого брака.

2.) Женщина, мать которой страдала дальтонизмом, а отец гемофилией, вступает в брак с мужчиной, страдающим обоими заболеваниями. Определите вероятность рождения детей в этой семье с обеими аномалиями.

9. Гены *A* и *B* наследуются сцепленно, расстояние между ними в единицах кроссинговера равно 25%. При скрещивании дигетерозиготной особи с рецессивной особью было получено 56 потомков. Сколько из них имеют оба признака в доминантном и оба признака в рецессивном состоянии? Сколько всего было кроссоверных особей?

10. При скрещивании особей *AaBb* x *aabb* получено следующее количество потомков: 805 *AaBb*, 796 *aabb*, 106 *Aabb*, 110 *aaBb*. Как наследуются эти признаки? Происходит ли кроссинговер по гену *A* и какой процент кроссоверных особей будет получен по гену *B*?

11. Приживление либо отторжение трансплантата у человека в основном определяется совместимостью донора и реципиента по генам основного комплекса гистосовместимости (HLA). Этот комплекс локализуется в шестой группе сцепления и представлен четырьмя генами. Ген *A* имеет 34 аллельных варианта, *B* – 41, *C* – 6 и *D* – 7 аллелей. Какова должна быть вероятность рождения двух идентичных по всем четырем генам комплекса гомозиготных индивидов, если предположить, что в популяции все аллельные варианты встречаются с одинаковой частотой? Для облегчения расчетов предположим, что все четыре гена тесно сцеплены и кроссинговера между ними не происходит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асанов А. Ю. и др. Основы генетики и наследственные нарушения развития у детей: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / А. Ю. Асанов, Н. С. Демикова, С. А. Морозов/ Под ред. А. Ю. Асанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2003.

2. Барабанщиков Б. И., Сапаев Е. А. Сборник задач по генетике. Учебно-методическое пособие. - Изд-во Казанского университета, 1988.

3. Белкина Н. Н., Коваленко В. А., Белик А. А. и др. Методические разработки к практическим занятиям по генетике. Для студентов зооинженерного и ветеринарного факультетов. - Персиановка, 1991.
4. Беркинблит М. Б., Жердев А. В., Ларина С. Н., Мушегян А. Р., Чуб В. В. Почти 200 задач по генетике. – М.: МИРОС, 1992..
5. Визнер Э., Виллер З. Ветеринарная патогенетика /пер. с нем. Г. И. Лойдиной, Е. А. Яновской /Под ред. и с предисл. П. Ф. Терехова – М.: Колос, 1979.
6. Дегтярева Т. Ф. Методические указания (задачник) к лабораторно-практическим занятиям по генетике сельскохозяйственных животных. - Благовещенск, 1986.
7. Жученко А. А., Гужов Ю. Л., Пухальский В. А. и др. Генетика. – М.: Колос, 2003.
8. Ларцева С. Х., Муксинов М. К. Практикум по генетике. – М.: Агропромиздат, 1985.
9. Петухов В. Л. и др. Ветеринарная генетика / В. Л. Петухов, А. И. Жигачев, Г. А. Назарова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1996.
10. Топорнина Н. А., Стволинская Н. С. Генетика человека: Практикум для вузов. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003.
11. Хелевин Н. В., Лобанов А. М., Колесова О. Ф. Задачник по общей и медицинской генетике. Учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1976.
12. Шевченко В. А., Топорнина Н. А., Стволинская Н. С. Генетика человека: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2002.

Учебное издание

Шишкина Ирина Лазаревна

ГЕНЕТИКА

Методические материалы
к изучению дисциплины и организации самостоятельной работы
студентов 4-го курса бакалавриата, обучающихся по направлению
44.03.01 Педагогическое образование
(профиль подготовки – Биология)
очной и заочной форм обучения

Подписано в печать 02.08.2018
Формат 60x84/16. Бумага типографская. Гарнитура «Таймс»
Печ. л. 2,68. Уч.-изд. л. 2,09
Тираж 1 экз. Заказ № 269

Филиал Кубанского государственного университета
в г. Славянске-на-Кубани
353560, Краснодарский край, г. Славянск-на-Кубани, ул. Кубанская, 200

Отпечатано в издательском центре
филиала Кубанского государственного университета в г. Славянске-на-Кубани
353560, Краснодарский край, г. Славянск-на-Кубани, ул. Кубанская, 200