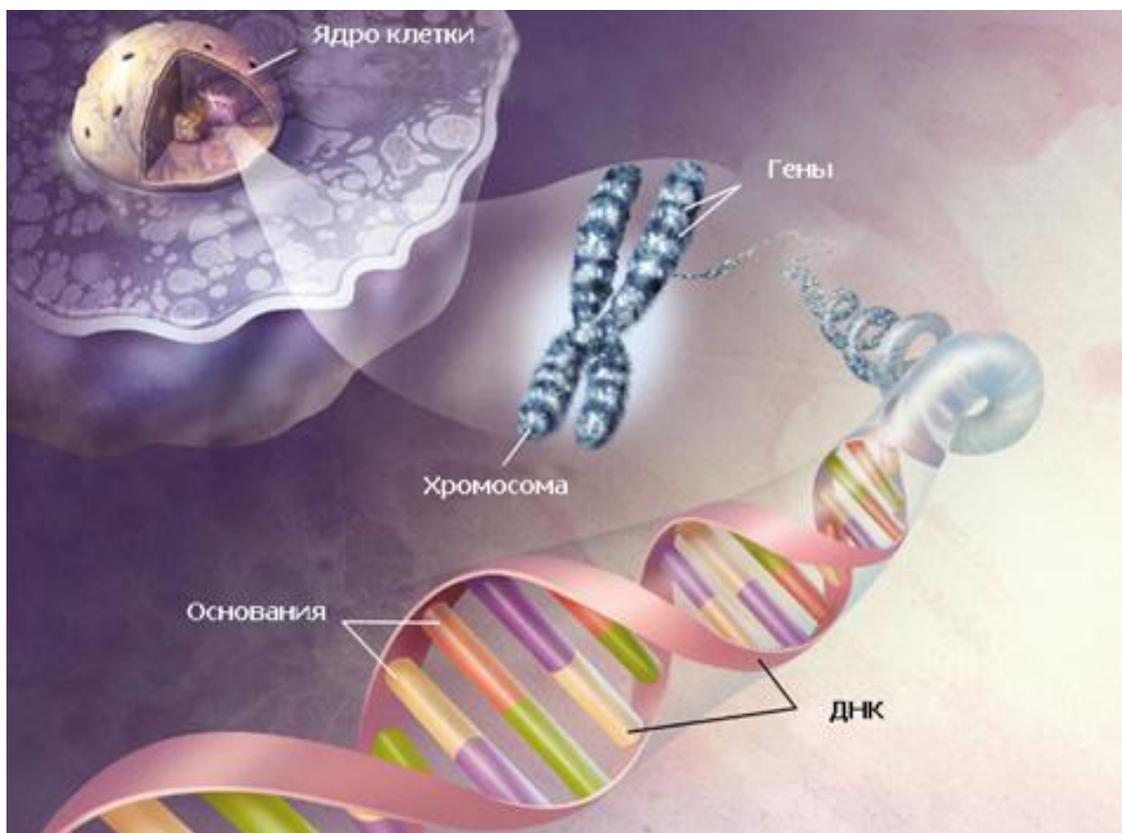


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Н.А. Курносова, М.А. Семенова

ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ

Учебно-методическое пособие



Ульяновск, 2014 г.

УДК 57.017.64 (075.8)
ББК 28.073.8 я73+28.03 я73
Р17

*Печатается по решению Ученого совета
Института медицины, экологии и физической культуры
Ульяновского государственного университета*

Рецензенты:

кандидат медицинских наук,
заведующая кафедрой морфологии
Института медицины, экологии и физической культуры
Ульяновского государственного университета *Е.В. Слесарева*;
доктор сельскохозяйственных наук,
заведующая кафедрой биотехнологии и переработки сельскохозяйственной
продукции УГСХА им. П.А. Столыпина *С.П. Лифанова*

Пособие содержит в концентрированном виде основной теоретический материал, подобранный соответственно программным вопросам. Проанализирован и систематизирован большой объем информации по основным темам раздела «Размножение и развитие». В пособии отражено относительно небольшое количество фундаментальных тем, имеющих исключительно важное значение для познания живой природы. Одна из основных задач пособия - изложение материала в лаконичной и достаточно простой для понимания форме.

Пособие предназначено для студентов 1 курса медицинского факультета специальности «Лечебное дело», изучающих дисциплину «Биология с экологией».

Содержание

Основные понятия генетики	4
Методы генетики.....	4
Законы наследственности Г. Менделя	7
Множественный аллелизм	11
Взаимодействие аллельных генов	12
Взаимодействие неаллельных генов	12
Аутосомное наследование.....	12
Наследование, сцепленное с полом.....	12
Генетика пола	13
Хромосомная теория наследственности	13
Сцепленное наследование	17
Особенности взаимосвязи между генотипом и фенотипом.....	17
Ген как единица наследственности	18
Генотип как целостная исторически сложившаяся система взаимодействующих клеток.....	17
Регуляция активности генов на уровне транскрипции (на примере лактозного оперона)	17
Виды изменчивости	18
Модификационная изменчивость.....	20
Комбинативная изменчивость	20
Мутационная изменчивость	24
Мутационная изменчивость.....	28
Геномные мутации	29
Хромосомные мутации	32
Генные мутации.....	34
Генетика популяций.....	40
Интересные вопросы по генетике	42
Задачи по генетике	43
Список литературы	45

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ГЕНЕТИКИ

Наследственность – свойство организма передавать свои признаки потомкам без изменения.

Изменчивость – свойство организма приобретать новые признаки в процессе индивидуального развития.

Фенотип – совокупность внешних и внутренних признаков организма.

Генотип – совокупность генов организма.

Геном – совокупность генов в гаплоидном наборе хромосом (видовая характеристика).

Генофонд – совокупность генов в популяции.

Кариотип – хромосомный набор организма, характеризующийся определенным числом хромосом, их формой и размерами.

Гомологичные хромосомы – парные хромосомы, имеющие одинаковую форму, размеры и расположение генов.

Аллельные гены – гены, занимающие одно и то же место (локус) в гомологичных хромосомах и контролирующие альтернативные признаки.

Локус – место гена в хромосоме.

Ген – участок молекулы ДНК, отвечающий за синтез иРНК (а, значит, впоследствии белка), тРНК и рРНК.

Гомозигота – организм, несущий одинаковые аллельные гены и образующий один тип гамет.

Гетерозигота – организм, несущий разные аллельные гены и образующий 2 типа гамет.

Доминантный ген – ген, действие которого проявляется в гетерозиготе, и который подавляет действие другого рецессивного гена.

Рецессивный ген – ген, действие которого подавляется доминантным геном, и он в гетерозиготе не проявляется.

Моногибридное скрещивание – скрещивание особей, анализируемых по одной паре альтернативных признаков.

Дигибридное скрещивание – скрещивание особей, анализируемых по 2 парам альтернативных признаков.

Полигибридное скрещивание – скрещивание особей, анализируемых по нескольким парам альтернативных признаков.

Анализирующее скрещивание – скрещивание особи с доминантным признаком с особью с рецессивным признаком с целью уточнения генотипа первого: если нет расщепления в потомстве, доминантный организм – гомозигота; если есть расщепление 1:1, то доминантный организм – гетерозигота.

Возвратное скрещивание – скрещивание гибрида с одним из родителей.

МЕТОДЫ ГЕНЕТИКИ

1. Гибридологический метод (основатель Г. Мендель).

Метод основан на скрещивании организмов между собой с последующим математическим анализом расщепления признаков в потомстве.

Метод позволяет:

- 1) определить тип наследования признака (доминантный или рецессивный признак, наследуется сцеплено с полом или аутосомно);
- 2) получить организмы с новыми комбинациями признаков, что широко применяется в селекции.

2. Генеалогический метод (метод составления родословных).

С учетом встречаемости изучаемого признака у предков составляют родословную, по которой можно:

- 1) определить тип наследования признака;
- 2) сделать вывод о вероятности появления изучаемого признака у потомков.

Данный метод широко используется в медико-генетических консультациях.

3. Цитогенетический метод.

С помощью микроскопа изучают кариотип организма – количество, размеры и форму хромосом. Сравнивают полученные результаты с существующей нормой, что позволяет сделать вывод о наличии или отсутствии мутаций.

С помощью данных генетики о проценте кроссинговера между генами определяют расстояние между ними и впоследствии составляют генетические карты хромосом.

4. Близнецовый метод.

У близнецов одинаковый генотип, а выраженность генов в фенотипе может отличаться из-за различий в среде обитания. Изучая близнецов, живущих в разных условиях среды, делают вывод о влиянии среды на проявление конкретного гена в признаке, генотипа – в конкретном фенотипе.

5. Вариационно-статистический метод.

Используется для изучения модификационной изменчивости.

6. Популяционно-видовой метод.

Используется для изучения генофонда популяции: процентного соотношения отдельных генов и генотипов в популяции. Для анализа используется закон Харди-Вайнберга.

7. Биохимический метод (метод селективных проб).

Изучают аминокислотный состав белков, сравнивают его с существующей нормой и делают вывод о наличии или отсутствии мутаций.

Также искусственно вызывают мутации и изучают их влияние на структуру и свойства конкретного белка.

8. Современные биотехнологические методы:

1) метод клеточной инженерии: позволяет культивировать на питательных средах отдельные клетки, выращивать из них ткани и органы. Существует метод гаплоидов, широко применяемый в селекции и позволяющий из гаплоидных клеток растений (пыльцевое зерно) путем полиплоидизации получать диплоидные клетки и выращивать из них растение, которое затем вегетативно размножается.

2) метод генетической инженерии: основан на выделении генов у одного организма и внедрении их в другой организм, вследствие чего у последнего появляются новые свойства. В качестве векторов для доставки генов в клетки используются плазмиды бактерий и некоторые вирусы.

Например, в бактерию был внедрен ген человеческого инсулина, и теперь бактерии в промышленном масштабе вырабатывают инсулин.

ЗАКОНЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ Г. МЕНДЕЛЯ

I закон – закон единообразия гибридов первого поколения (закон доминирования): при скрещивании двух гомозиготных организмов (доминантного и рецессивного), анализируемых по одной паре альтернативных признаков, все потомство единообразно, то есть одинакова по фенотипу (все с доминантным признаком), так и по генотипу (все гетерозиготны).

Цитологические основы первого закона:

1. В каждой соматической клетке содержится диплоидный набор хромосом, поэтому за развитие признака отвечает 2 аллельных гена. Гомозиготы несут одинаковые аллельные гены, поэтому генотипы родителей – AA и aa.
2. При образовании гамет происходит мейоз, поэтому гаметы гаплоидны и несут только один аллельный ген из пары. Гомозиготы дают один тип гамет: AA – A; aa – a.
3. При оплодотворении гаплоидные гаметы сливаются с образованием диплоидной зиготы, несущий один ген от одного родителя, другой от другого – Aa. В гетерозиготе проявляется доминантный признак, так как доминантный ген подавляет действие рецессивного.

II закон – закон расщепления: при скрещивании двух гетерозиготных организмов, анализируемых по одной паре альтернативных признаков, в потомстве наблюдается расщепление: по генотипу – 1:2:1, по фенотипу – 3:1.

Цитологические основы второго закона:

1. В каждой соматической клетке содержится диплоидный набор хромосом, поэтому за развитие признака отвечает 2 аллельных гена. Гетерозиготы несут разные аллельные гены, поэтому генотипы родителей – Аа.
2. При образовании гамет происходит мейоз, поэтому гаметы гаплоидны и несут только один аллельный ген из пары. Существует правило чистоты гамет: в гетерозиготе разные аллельные гены не смешиваются, а при образовании гамет следуют в разные гаметы. Гетерозиготы дают два типа гамет: Аа – А и а.
3. При оплодотворении гаплоидные гаметы сливаются с образованием диплоидной зиготы, несущий один ген от одного родителя, другой от другого. Существует явление случайного оплодотворения: невозможно предсказать какая гамета с какой сольется. Учитывая все варианты в решетке Пеннета, получаем расщепления по фенотипу 3:1, по генотипу – 1:2:1.

III закон - закон независимого наследования (комбинирования признаков): при ди- или полигибридном скрещивании признаки, за развитие которых отвечают гены, находящиеся в разных парах гомологичных хромосом, наследуются независимо и комбинируются у потомства случайным образом. При скрещивании двух дигетерозигот АаВв в потомстве наблюдается расщепление по фенотипу 9:3:3:1.

Цитологические основы третьего закона:

1. В каждой соматической клетке содержится диплоидный набор хромосом, поэтому за развитие признака отвечает 2 аллельных гена. Дигетерозиготы несут разные аллельные гены, поэтому генотипы родителей – АаВв.
2. При образовании гамет происходит мейоз, поэтому гаметы гаплоидны и несут только один аллельный ген из пары. Существует правило чистоты гамет: в гетерозиготе разные аллельные гены не смешиваются, а при образовании гамет следуют в разные гаметы. Существует закон независимого расхождения гомологичных хромосом в анафазу I мейоза, учитывая все варианты, получаем, что дигетерозигота АаВв дает 4 типа гамет: АВ, Ав, аВ, ав.
3. При оплодотворении гаплоидные гаметы сливаются с образованием диплоидной зиготы, несущий один ген от одного родителя, другой от другого. Существует явление случайного оплодотворения: невозможно предсказать какая гамета с какой сольется. Учитывая все варианты в решетке Пеннета, получаем расщепление по фенотипу 9:3:3:1.

Множественный аллелизм. Наследование групп крови.

В 1900 году К. Ландштейнером была открыта АВО-система групп крови. Гены, определяющие группы крови, находятся в аутосомах. Группы крови человека определяются по наличию особых белков. В эритроцитах человека содержатся два вещества, которые были названы склеивающими веществами – агглютиногены А и В, в плазме крови – агглютинины α и β . Если встречаются одноименные вещества (А с α ; В с β), происходит склеивание

эритроцитов – агглютинация. В системе групп крови человека АВО существует 4 фенотипа: группы крови I (0), II (A), III (B), IV (AB), которые определяются взаимодействием трех аллелей – I^0 , I^A , I^B (явление, при котором за развитие признака отвечает три и более аллельных генов, называется множественным аллелизмом). Эти гены взаимодействуют между собой: $I^A > I^0$, $I^B > I^0$, при сочетании в генотипе I^A и I^B – возникает новый фенотип, а эти аллели остаются независимыми (кодоминирование).

Группы крови	Возможные генотипы	Белки крови	
		агглютиногены	агглютинины
I (0)	I^0I^0	---	α, β .
II (A)	I^AI^A, I^AI^0	A	β
III (B)	I^BI^B, I^BI^0	B	α
IV (AB)	I^AI^B	A, B	---

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

1. **Полное доминирование** - тип взаимодействия аллельных генов, при котором один ген (доминантный) полностью подавляет действие другого гена (рецессивного), поэтому у гетерозиготы Aa проявляется доминантный признак.
2. **Неполное доминирование** - тип взаимодействия аллельных генов, при котором доминантный ген не полностью подавляет действие рецессивного гена, поэтому у гетерозиготы Aa проявляется промежуточный признак.
3. **Кодоминирование** - тип взаимодействия аллельных генов, при котором ни один из генов не доминирует над другим, и в гетерозиготе Aa каждый проявляет себя в равной степени. Поэтому у гетерозиготы Aa появляется новый признак.
4. **Сверхдоминирование** - тип взаимодействия аллельных генов, при котором рецессивный аллельный ген в гетерозиготе усиливает действие доминантного аллеля, поэтому у гетерозиготы признак более выражен чем у доминантной гомозиготы.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

1. **Комплементарность** – тип взаимодействия неаллельных генов, при котором доминантные гены из разных аллельных пар сочетаясь вместе в генотипе обеспечивают появление нового признака (поэтому генотип A-B- всегда имеет новый фенотип).
2. **Эпистаз** - тип взаимодействия неаллельных генов, при котором гены одной аллельной пары подавляют действие генов другой аллельной пары. Различают доминантный и рецессивный эпистаз.
3. **Полимерия** - тип взаимодействия неаллельных генов, при котором гены из разных аллельных пар отвечают за одно выражение признака. При этом

они обозначаются одинаковыми буквами, но с разными индексами: $A_1A_1A_2A_2$; $a_1a_1a_2a_2$.

При кумулятивной полимерии степень выраженности признака зависит от числа доминантных генов в генотипе: чем больше доминантных генов, тем признак более выражен.

При некумулятивной полимерии наличие хотя бы одного доминантного гена из любой пары обеспечивает сразу максимальное выражение признака.

АУТОСОМНОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ

Аутосомное наследование – это наследование признаков, за развитие которых отвечают гены, расположенные не в половых хромосомах (аутосомах). Аутосомное наследование может проходить по доминантному и рецессивному типу.

НАСЛЕДОВАНИЕ, СЦЕПЛЕННОЕ С ПОЛОМ

Наследование, сцепленное с полом — наследование признаков, за развитие которых отвечают гены, расположенные в половых хромосомах.

Пол, несущий одинаковые половые хромосомы (XX), называется гомогаметным и образует один тип гамет.

Пол, несущий разные половые хромосомы (XY), называется гетерогаметным и образует 2 типа гамет.

При наследовании, сцепленном с X-хромосомой, гомогаметный пол может быть представлен гомозиготой (доминантной - X^AX^A или рецессивной - X^aX^a) или гетерозиготой — X^AX^a . Гетерогаметный пол всегда представлен гемизиготой — X^AY или X^aY

У некоторых организмов (например, млекопитающие) гомогаметный пол — женский, у других организмов (например, бабочки, птицы) гомогаметный пол мужской.

При наследовании, сцепленном с Y-хромосомой, признак передается только по линии гетерогаметного пола. Такое наследование называется голландрическим.

ГЕНЕТИКА ПОЛА

- У некоторых организмов пол определяется составом половых хромосом: у млекопитающих гомогаметный пол - женский, у других организмов (например, бабочки, птицы) гомогаметный пол мужской.

- У некоторых организмов пол определяется числом половых хромосом. Например, у кузнечиков самки - XX, а самцы - XO.

- У дрозофилы наследование пола зависит не столько от числа X-хромосом, сколько от соотношения числа X-хромосом к числу наборов аутосом. Такое отношение называют половым индексом. Для генотипа XX: $2X:2A=1$, половой индекс равен 1, то развивается самка. Для генотипа XY:

$1X:2A=0,5$ — развивается самец. При промежуточном соотношении развиваются интерсексы ($2X:3A=0,67$), то есть мухи, имеющие промежуточный фенотип.

• У некоторых организмов (пчел, муравьев, ос) существует гаплодиплоидный тип определения пола. У этих особей нет половых хромосом. Самки развиваются из оплодотворенных яиц, а самцы из неоплодотворенных.

• У некоторых организмов в определении пола большую роль играет внешняя среда.

ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

*В 1908-1911 гг. американским генетиком Т.Морганом был установлен ряд закономерностей наследования, получивший впоследствии название **хромосомной теории наследственности**.*

Основными положениями этой теории являются следующие:

- 1) гены расположены в хромосомах, представляющих собой группу сцепления генов; число групп сцепления генов равно гаплоидному набору хромосом, специфическому для каждого вида организмов;
- 2) гены расположены в пределах хромосомы линейно; место, занимаемое геном в хромосоме, называется «локус».
- 3) сцепление генов может нарушаться в результате кроссинговера (перекреста хромосом), в ходе которого гомологичные хромосомы обмениваются между собой одним или несколькими генами;
- 4) частота обмена генами (частота кроссинговера) пропорциональна расстоянию между генами в пределах хромосомы.

Изучение частоты (процента) кроссинговера между генами, локализованными в пределах одной хромосомы, позволяет установить *относительное расстояние* между ними, *оцениваемое в единицах морганидах (1 морганида равна расстоянию между генами с частотой кроссинговера в 1%)*. На основе многочисленных экспериментов по изучению кроссинговера составляются генетические карты хромосом. В настоящее время они составлены для всех хромосом мухи-дрозофилы, отдельных хромосом томатов, кукурузы и других видов.

Биологическая роль хромосом

Хромосомы во взаимодействии с внехромосомными элементами клетки обеспечивают:

- 1) хранение генетической наследственной информации;
- 2) использование генетической информации для создания и поддержания клеточной организации;
- 3) регуляцию «считывания» генетической информации;
- 4) удвоение генетического материала;
- 5) перекombинирование генетического материала в процессе мейоза;

б) передачу генетического материала от материнской клетки дочерним.

СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ

Сцепленное наследование – наследование признаков, за которые отвечают гены, расположенные в одной хромосоме.

Изучал Т. Морган. При скрещивании дигетерозиготных самок дрозофил (АаВв), имеющих серое тело и нормальные крылья (доминантные признаки) с самцами дрозофил (аавв), имеющими черное тело и укороченные крылья (рецессивные признаки) в потомстве по законам Менделя ожидалось расщепление по фенотипу и генотипу как в анализирующем скрещивании 1:1:1:1. Однако Морганом было получено расщепление:

- 41,5% - с серым телом, нормальными крыльями;
- 41,5% - с черным телом, укороченными крыльями;
- 8,5% - с серым телом, укороченными крыльями;
- 8,5% - с черным телом, нормальными крыльями.

Морган делает вывод, что гены, отвечающие за окраску тела и длину крыльев, расположены в одной хромосоме и поэтому наследуются сцеплено. Наличие фенотипических групп, отличных от родительского организма, является результатом кроссинговера.

Сцепление генов может быть полным или частичным.

При полном сцеплении кроссинговер между генами по каким-либо причинам невозможен, или гены настолько близко расположены друг к другу, что вероятность кроссинговера между ними настолько мала, что им можно пренебречь.

Например, и дигетерозиготных самцов дрозофил, имеющих серое тело и крылья нормальной длины кроссинговер не возможен из-за отсутствия фермента, обеспечивающего конъюгацию хромосом.

При частичном сцеплении между генами возможен кроссинговер, и необходимо учитывать процент образования кроссоверных гамет.

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ГЕНОТИПОМ И ФЕНОТИПОМ

Генотипом называется совокупность всех генов данного организма. Фенотип - это совокупность всех внешних и внутренних признаков организма. Между генотипом и фенотипом существуют следующие взаимосвязи (взаимоотношения).

1. *Ген контролирует (кодирует) структуру белка одного вида, обладающего, чаще всего, ферментативной активностью.* Регулируя биосинтез белков или другие важные биохимические превращения, фермент оказывает влияние на проявление того или иного признака и, тем самым, на формирование или изменение фенотипа организма.

2. Однако проявление действия генов и характер возникающего призна-

ка зависят от условий окружающей среды. Условия среды воздействуют на особенности протекания и скорость биохимических реакций и, тем самым, оказывают влияние на фенотипический признак или степень его выраженности. Таким образом, в определенных пределах (пределах нормы реакции) может происходить изменение фенотипа без предварительного изменения генотипа. Это явление получило название модификационной (фенотипической) изменчивости. Пределы таких независимых изменений фенотипа, тем не менее, контролируются генотипом.

3. Изменения фенотипа, обеспечивающие адаптацию организма к конкретным условиям среды, происходящие независимо от генотипа, не наследуются потомством, и, казалось бы, не имеют эволюционного значения. Однако, любые адаптации организма (изменения фенотипа), повышающие уровень его приспособленности к окружающей среде, повышают, тем самым, и его шансы на репродуктивный успех. В таком случае генотипы этих организмов скорее сохранятся в эволюционной линии (цепочке последующих поколений), чем будут устранены из нее. Следовательно, *отдельные ненаследуемые (фенотипические) изменения обеспечивают выживание организмов (генотипов) – обладателей аллелей (генов), контролирующих другие адаптивные признаки, информация о которых наследуется потомством и примет дальнейшее участие в эволюции.*

ГЕН КАК ЕДИНИЦА НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Согласно современным представлениям, ген - это участок молекулы ДНК, кодирующий иРНК (а, следовательно, первичную структуру белка), или тРНК, или рРНК.

Вся совокупность генов составляет генотип организма.

Свойства генов:

1. Способность к самоудвоению.
2. Способность мутировать независимо от остальных генов, дискретно изменяя своё внутреннее состояние как целое, т.е. порождая аллели.
3. Способность к гомологичному синапсису при конъюгации в мейозе.
4. Неделимость и несмешиваемость в процессах конъюгации и кроссинговера.
5. Устойчивость локализации в геноме относительно других генов.
6. Способность контролировать развитие некоторого признака или небольшого их числа, что отражено в названиях генов.
7. Высокая устойчивость к мутациям и другим изменениям.

Классификация генов:

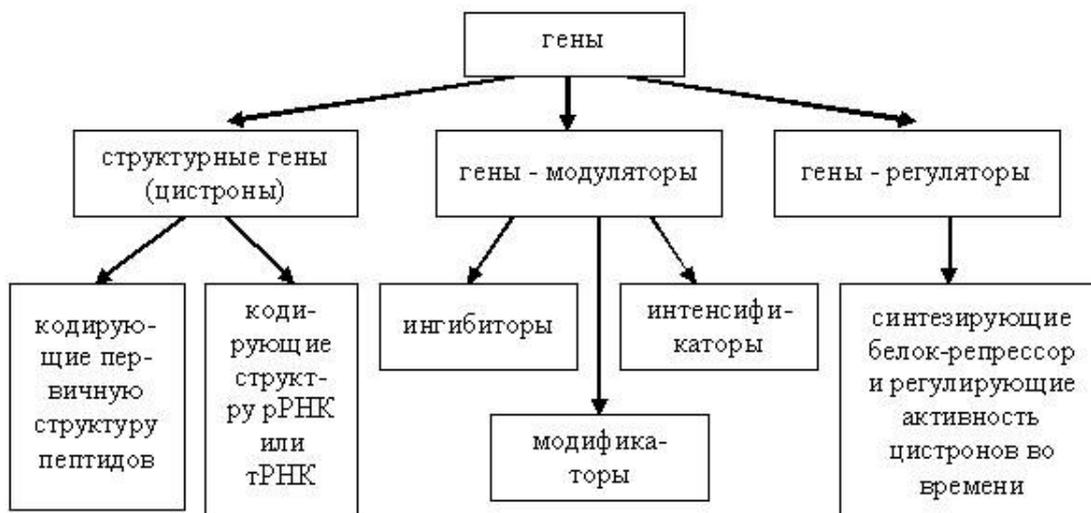
1. Структурные гены контролируют развитие конкретных признаков. Каждый ген контролирует синтез фермента, регулирующего определённый этап метаболизма.
2. Гены-модуляторы смещают в ту или другую сторону процесс развития признака, кодируемого структурным геном (цистроном).
 - а) гены-ингибиторы могут тормозить развитие отдельных признаков,

обусловливаемых плейотропным действием структурных генов, или даже целиком подавлять функции других генов

б) гены-интенсификаторы усиливают функцию цистронов

в) гены-модификаторы оказывают влияние на степень проявления признака, обусловливаемого расположенным в другом локусе структурным геном.

3. Гены-регуляторы координируют активность генов, регулируя «включение-выключение функции» различных генов во времени в процессе онтогенеза.



ГЕНОТИП КАК ЦЕЛОСТНАЯ ИСТОРИЧЕСКИ СЛОЖИВШАЯСЯ СИСТЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ КЛЕТОК

*Генотип формируют все (ядерные и внеядерные) гены данного организма. Несмотря на то, что гены локализованы в различных самостоятельных структурах (хромосомы, кольцевые молекулы ДНК митохондрий и пластид) все они взаимосвязаны и могут взаимодействовать друг с другом в процессе развития организма (формирования фенотипа). Поэтому вся совокупность генов организма представляет собой **взаимодействующую систему организма – генотип**.*

Как любая система, генотип характеризуется целостностью и единством: повреждение (устранение) даже одного гена нарушает свойства всей системы, что может проявиться в резком снижении жизнеспособности или даже гибели организма. *Генотип формируется в ходе эволюции, в процессе которой структура генов изменяется. Поэтому генотип рассматривается как результат процесса эволюции, или исторически сложившаяся система взаимодействующих генов.*

Различают аллельные и неаллельные взаимодействия генов.

Составляющие генотип гены могут обладать различными свойствами:

- **структурные гены** кодируют структуру молекулы *и*-РНК (а в конечном

итоге структуру белковой молекулы одного вида), *транспортной или рибосомной РНК (т-РНК, р-РНК)*;

- **гены-регуляторы** осуществляют активизацию или угнетение активности структурных генов, за счет синтеза белка-репрессора;
- **ген-промотор** обеспечивает инициацию процесса транскрипции (синтеза *и-РНК*), это место прикрепления РНК-полимеразы.;
- **ген-оператор** включает в работу или выключает из нее структурный ген. Если ген-оператор заблокирован белком репрессором, то транскрипция со структурных генов не происходит. Если ген оператор свободен от белка репрессора, РНК-полимераза может вести транскрипцию со структурных генов.

РЕГУЛЯЦИЯ АКТИВНОСТИ ГЕНОВ НА УРОВНЕ ТРАНСКРИПЦИИ (на примере лактозного оперона)

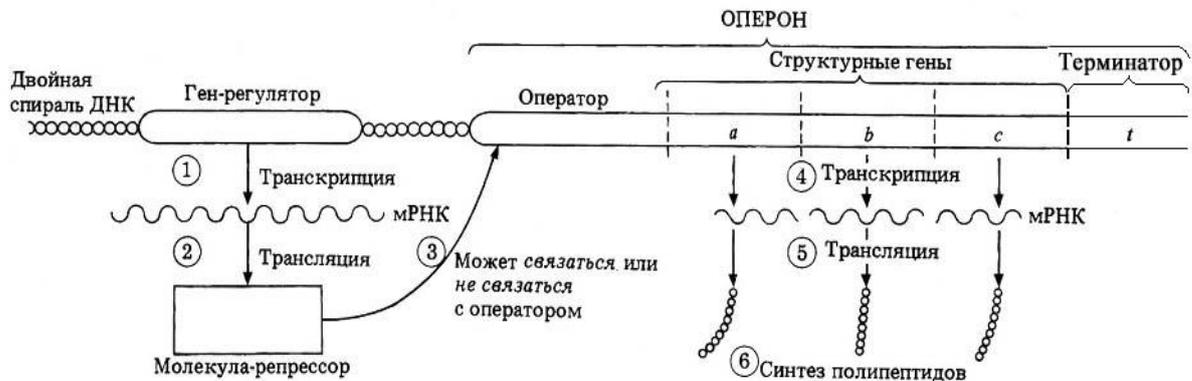
Единицей транскрипции является транскриптон, или оперон (термин «оперон» введён Ф. Жакобом и Ж. Моно в 1961 году). Оперон - это участок ДНК, транскрипция которого приводит к образованию молекулы иРНК. Структура оперона изучена подробно пока только у прокариот. Оперон может состоять из одного, двух и более тесно сцепленных структурных генов, кодирующих белки (ферменты), а также регуляторных элементов. Участком начала транскрипции является промотор, состоящий из нескольких десятков нуклеотидов ДНК, с которым специфически связывается осуществляющий транскрипцию фермент РНК-полимераза. От промотора зависит, к какой из двух цепей ДНК присоединится РНК-полимераза и начнётся транскрипция. Транскрипция происходит только на одной («лидирующей») цепочке ДНК, и химическая структура промотора определяет эту цепь.

В состав оперона входит также ген-оператор длиной в несколько десятков нуклеотидов, с которым связывается репрессор (специфический белок), обуславливающий отрицательную регуляцию: в этом случае ДНК-полимераза не может перемещаться вдоль оперона и транскрипция структурных генов не происходит. Если же оператор не связан с репрессором, то РНК-полимераза, смещаясь вдоль структурных генов (цистронов), транскрибирует их.

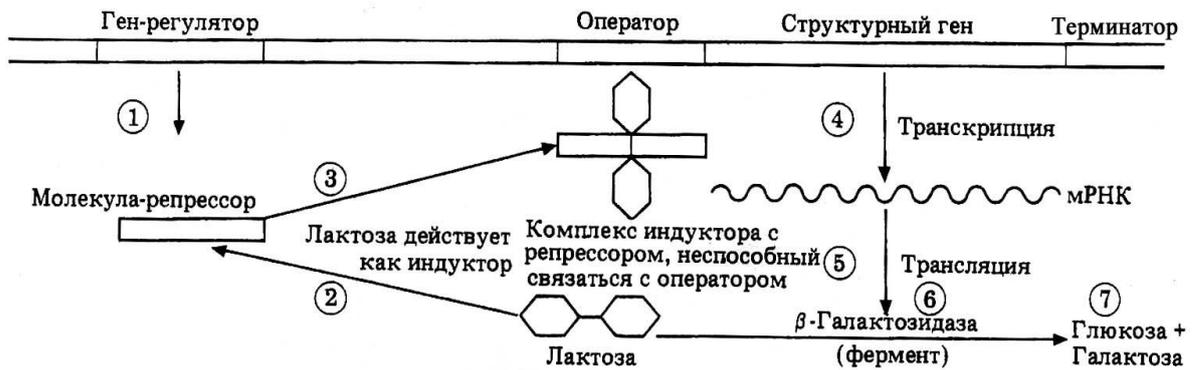
Репрессор, контролирующий транскрипцию оперона, кодируется геном-регулятором, который не обязательно входит в состав оперона: он может находиться за пределами оперона этой же хромосомы или в иной хромосоме. Один репрессор может контролировать транскрипцию нескольких оперонов. Молекула репрессора имеет участок узнавания эффектора, который активирует, или, наоборот, инактивирует репрессор, связываясь с ним. Оперон заканчивается терминатором, представляющим собой один из трёх триплетов, не кодирующих аминокислоты (УАА, УАГ, УГА). Синтезируемая сразу на нескольких цистронах общая цепочка РНК распадается на фрагменты - иРНК, соответствующие каждому отдельно взятому цистрону.

Включение оперона происходит при проникновении в цитоплазму субстрата (например, лактозы), для химического превращения которого требует-

ся соответствующий фермент. Субстрат, соединяясь с репрессором, лишает последний возможности блокировать ген-оператор. Тогда происходит транскрипция структурного гена и синтезируется необходимый белок. Фермент вызывает вовлечение субстрата в процессы клеточного метаболизма. В ходе последнего количество субстрата уменьшается, что приводит к высвобождению репрессора, блокированию оператора и прекращению транскрипции.



Основные структуры оперона (транскриптона) и процессы, участвующие в регуляции белкового синтеза согласно гипотезе Жакоба-Моно (цифры указывают последовательность событий)



Индукция синтеза β -галактозидазы согласно гипотезе Жакоба-Моно (цифры указывают последовательность событий)

ВИДЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Изменчивость – способность организма приобретать новые признаки в процессе индивидуального развития.

Различают: 1) наследственную изменчивость (генотипическую): мутационную и комбинативную; 2) ненаследственную изменчивость (фенотипическую) – модификационную.

МОДИФИКАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ – изменчивость, затрагивающая только фенотип и не затрагивающая генотип.

Особенности:

1. Не наследуется (так как не затрагивает генотип).

2. Носит групповой характер - сходные изменения возникают у группы особей.
3. Предсказуема – результат действия фактора можно предсказать.
4. Направлена – изменения, возникающие под действием фактора, часто носят адаптивный характер.
5. Обратима – возникающие изменения могут быть обратимы. Однако если действие фактора не специфично или он действует в критический период развития, то могут возникать необратимые изменения – морфозы.
6. Границы изменчивости признака называются нормой реакции и определяются генотипом.

Модификационную изменчивость изучают с помощью вариационно-статистического метода. При этом конкретные значения признака – варианты – размещают в порядке возрастания значений, образуя вариационный ряд. Учитывая встречаемость отдельных вариантов, или средних значений классов, составляют вариационные кривые. При этом по оси X откладывают значения вариантов, а по оси Y – частоту их встречаемости. Установлено, что вариационная кривая имеет вид перевернутой параболы.

Значение: обеспечивает приспособленность организма к изменяющимся условиям существования, что способствует выживаемости организмов, а значит их успеху в эволюции в целом.

КОМБИНАТИВНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ – не связана с изменениями генов, а только с их рекомбинацией у потомков. Реализуется в ходе полового размножения.

Причины:

- 1) кроссинговер;
- 2) независимое расхождение гомологичных хромосом в анафазу I мейоза, имеющее место при образовании гамет;
- 3) явление случайного оплодотворения.

Значение:

- 1) способствует увеличению генетического разнообразия потомства;
- 2) лежит в основе гибридологического метода в генетике и селекции, позволяет получать организмы с необходимыми человеку комбинациями признаков.

МУТАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ – вызывается мутациями – непредсказуемыми скачкообразными изменениями генотипа (а именно: генома, хромосом или генов).

Особенности:

1. Наследуется, так как затрагивает генотип.
2. Носит индивидуальный характер.

3. Непредсказуема – невозможно предвидеть какие изменения возникнут на действие фактора.
4. Ненаправлена – изменения не носят приспособительный характер.

Классификации мутаций:

1. По изменению генотипа: генные, хромосомные, геномные.
2. По влиянию на жизнеспособность: летальные, полублетальные, нейтральные.
3. По поведению в гетерозиготе: доминантные и рецессивные.
4. По отношению к генеративному пути: соматические (возникают в обычных клетках тела и не наследуются) и генеративные (в половых клетках, поэтому наследуются).
5. По локализации в клетке: ядерные (в ДНК ядра) и цитоплазматические (в ДНК митохондрий и пластид).
6. По причине, вызывающей мутацию: спонтанные (причина не ясна) и индуцированные (вызываются мутагенами).

Мутагены – факторы среды, вызывающие мутацию. По природе мутагены бывают:

- физические (рентгеновское излучение);
- химические (асбест, формалин);
- биологические (ДНК вирусов).

ГЕНОМНЫЕ МУТАЦИИ – связаны с изменением числа хромосом в геноме – гаплоидном наборе хромосом.

Различают 2 вида:

1. Полиплоидия (эуплоидия) — изменение числа хромосом, кратное гаплоидному набору. Различают автополиплоидию и аллополиплоидию.

а) При автополиплоидии многократно повторяется один и тот же хромосомный набор. Например, существуют виды хризантем, содержащие 18 хромосом ($2n$), 27 хромосом ($3n$), 36 хромосом ($4n$) ... 81 хромосому ($9n$).

б) при аллополиплоидии многократно повторяются разные хромосомные наборы. Например, пшеница мягкая — гексаплоид, который содержит хромосомные наборы от 6 разных видов пшениц. Аллоплоидия в природе встречается редко, возникает при межвидовой гибридизации, чтобы гибриды смогли дать потомство необходима полиплоидизация. Так, селекционером Г.Д. Карпеченко был получен плодовой гибриды капусты и редьки.

2. Гетероплоидия (анэуплоидия) — изменение числа хромосом, не кратное гаплоидному набору. В результате возникают явления:

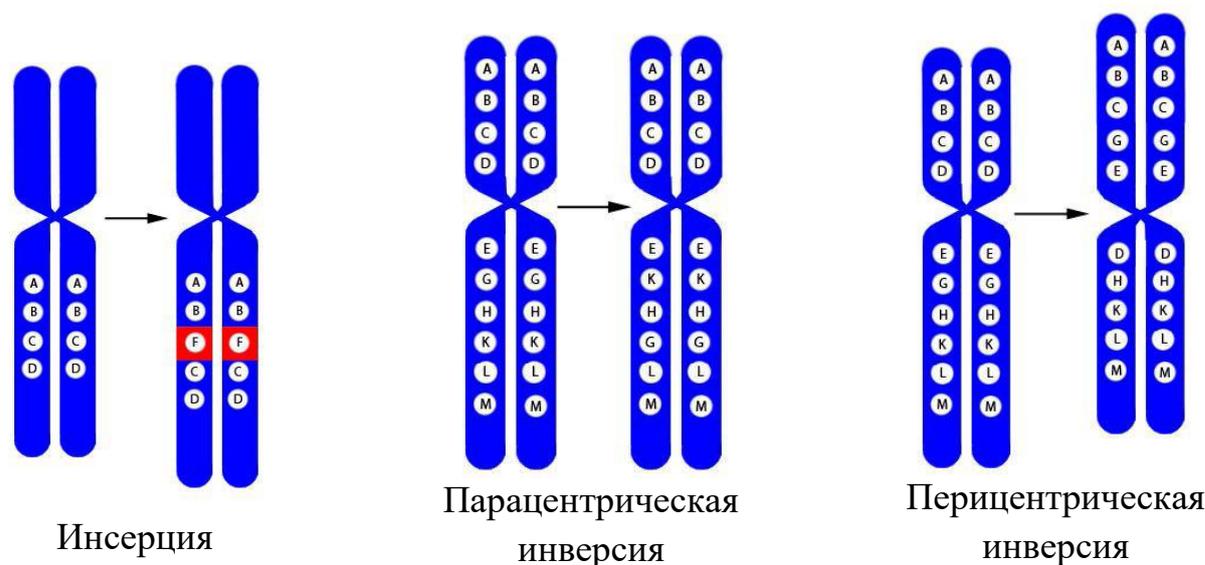
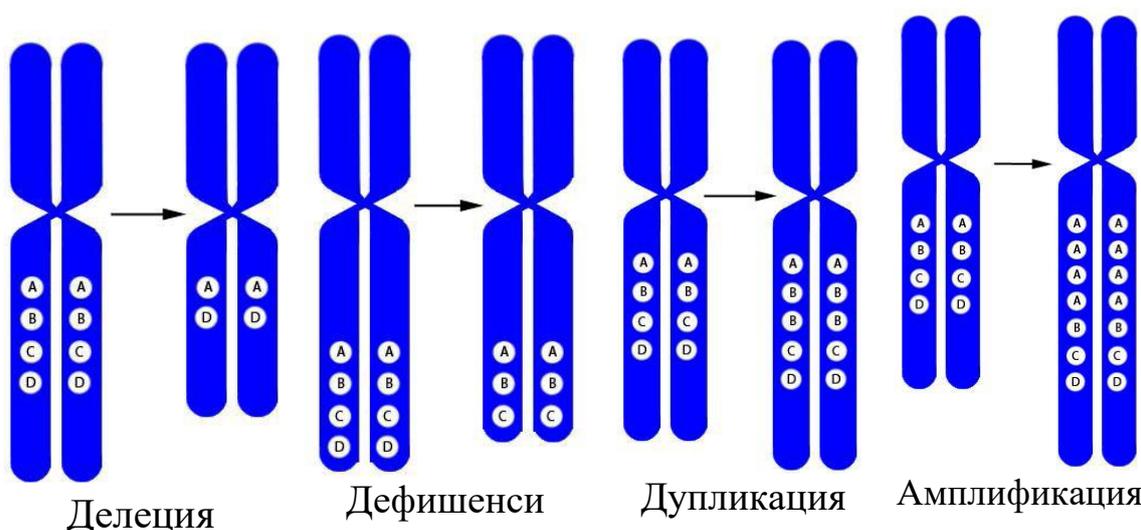
- трисомии ($2n+1$) — трисомия по 21 паре хромосом — синдром Дауна
- моносомии ($2n-1$) – моносомия по половым хромосомам – синдром Шерешевского-Тернера;
- нулесомии ($2n-2$).

Гетероплоидия обычно сопровождается серьезными наследственными аномалиями, часто несовместимыми с жизнью.

ХРОМОСОМНЫЕ МУТАЦИИ - изменения структуры хромосом. Различают внутри- и межхромосомные aberrации (приведена классификация АА. Сазанова).

Внутрихромосомные перестройки:

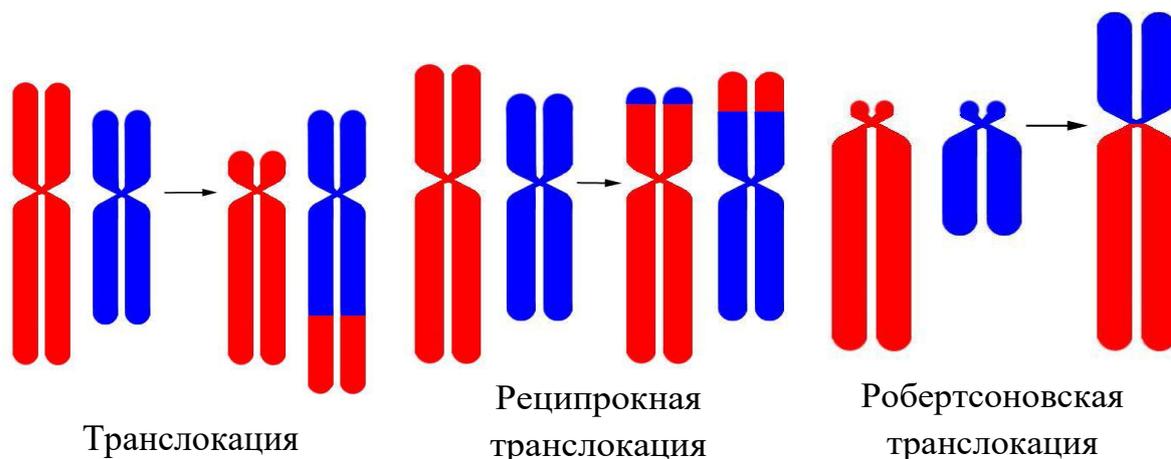
1. Делеция – утрата участка хромосомы.
2. Дефишенси – концевая делеция.
3. Дупликация – удвоение участка хромосомы.
4. Амплификация – многократное повторение участка хромосомы.
5. Инсерция – вставка дополнительного хромосомного района.
6. Парацентрическая инверсия – поворот на 180° участка хромосомы, не содержащего центромеру;
7. Перичентрическая инверсия – поворот на 180° участка хромосомы, содержащего центромеру.



Межхромосомные перестройки:

1. Транслокация – перенос участка с одной хромосомы на другую;
2. Реципрокная транслокация – обмен участками между негомологичными хромосомами;

3. Робертсоновская транслокация – слияние двух акроцентрических хромосом с образованием одной субметацентрической хромосомы.



ГЕННЫЕ МУТАЦИИ — связаны с изменением последовательности нуклеотидов в гене.

Различают 2 механизма:

1. Связан с изменением числа нуклеотидов (дупликации, делеции). В связи с тем, что генетический код не имеет знаков препинания, меняется состав всех кодирующих триплетов после места мутации, что приводит к замене многих аминокислот и синтезу белка с совершенно другими свойствами, что может оказаться губительно для организма.

2. Связан с заменой одного нуклеотида на другой. При этом меняется состав только одного триплета, что может привести к изменению только одной аминокислоты в белке (и то не всегда, так как генетический код вырожден). Замена 1 аминокислоты не всегда существенно сказывается на изменении свойств белка (особенно, если она по свойствам близка к исходной).

Генные мутации играют большую роль для эволюции. Они, по мнению С.С. Четверикова, создают резерв наследственной изменчивости. Так как большинство мутаций рецессивны, то в гетерозиготном состоянии могут долгое время себя не проявлять. Это очень важно, так как при изменении условий среды, выщепившаяся мутация может оказаться полезной и спасти вид от вымирания.

ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ

Отрасль генетики, изучающая генофонд популяции. Для изучения встречаемости отдельных генов и генотипов в популяции используют закон Харди-Вайнберга.

Закон Харди-Вайнберга был создан для идеальной популяции.

Черты идеальной популяции:

1. Популяция, характеризующаяся панмиксией – ничем не ограниченным свободным скрещиванием особей.

2. Популяция, на которую не действуют факторы эволюции, такие как

естественный отбор, популяционные волны, дрейф генов.

3. Популяция, имеющая огромную численность.

Однако было установлено, что закон может быть с определенной долей условности применим для расчета доли определенных генов и генотипов и в реальной популяции.

Пусть p – частота гена A , тогда q – частота гена a .

$$p+q=1$$

$$(p(A)+q(a))^2 = p^2(AA) + 2pq(Aa) + q^2(aa)$$

Пример задачи:

Скрестили 60% особей с генотипом AA и 40% особей с генотипом aa . Определите вероятность генотипов AA , Aa и aa после установления в популяции динамического равновесия.

Из условия задачи делаем вывод, что $p=0,6$, а $q=0,4$. Тогда

$$\text{Частота генотипа } AA (p^2) = 0,6^2 = 0,36$$

$$\text{Частота генотипа } Aa (2pq) = 2 \times 0,6 \times 0,4 = 0,48$$

$$\text{Частота генотипа } aa (q^2) = 0,4^2 = 0,16$$

Интересные вопросы по генетике

1. В каких структурно-функциональных состояниях и где (в каких организмах, структурах) находится функционирующая или сохраняющая способность к функционированию ДНК?

Функционирующая или сохраняющая способность к функционированию («живая») ДНК может находиться:

- *в составе эухроматина* клеточного ядра в интерфазе жизненного цикла клетки; ДНК, образующая эухроматин, является активной, участвующей в транскрипции;
- *в составе гетерохроматина*, который, в отличие от локализованного в центре ядра эухроматина, располагается по периферии клеточного ядра; образующая гетерохроматин ДНК функционально неактивна, т.е. не участвует в транскрипции;
- *в виде кольцевой молекулы ДНК клеточных органоидов* – митохондрий и пластид; эта ДНК, кодирующая преимущественно структурные белки органоидов, обычно является всегда активной;
- *в виде кольцевой молекулы ДНК прокариотической клетки*; локализованная непосредственно в цитоплазме, эта ДНК функционирует непрерывно;
- *в составе хроматид* (дочерних хромосом) в период митоза: отличаясь высшей степенью спирализации и связи с упаковочными белками-гистонами, эта ДНК является неактивной;
- *в составе многих вирусов*, образуя их наследственный аппарат, окруженный белковым чехлом (капсидом); вирусная ДНК переходит в активное состояние только внутри клетки организма – хозяйина;
- *в виде плазмид*, которые устроены еще проще, чем вирусы: представляют собой лишенные какого-либо окружения («обнаженные») молекулы или фрагменты молекул ДНК; они локализуются в клетке бактерий, где могут либо соединяться с кольцевой молекулой ДНК, либо оставаться непосредственно в цитоплазме; плазмидная ДНК является активно функционирующей ДНК, придающей прокариотической клетке дополнительные наследственные свойства: например, пеницилиназная плаزمид (R-фактор или фактор устойчивости) обеспечивает устойчивость стафилококков к пенициллину.

2. Какой район рассматривался академиком Н.И.Вавиловым в качестве «центра происхождения культурных растений»?

В качестве «центра происхождения культурных растений» Н.И.Вавиловым рассматривался район, в котором обнаруживалось наибольшее генетическое разнообразие представителей данного вида растений. Н.И.Вавилов выделил 7 центров происхождения культурных растений:

- *южно-азиатский* (рис, цитрусовые, сахарный тростник);
- *восточно-азиатский* или китайский (соя, просо, гречиха);
- *юго-западноазиатский* (пшеница, рожь, бобовые, виноград, плодовые культуры);

- *средиземноморский* (капуста, маслины);
- *абиссинский* (ячмень, кофейное дерево);
- *центральноамериканский* (хлопок, кукуруза, фасоль, какао);
- *южноамериканский* (картофель, хинное дерево).

В качестве древнейшего среди них он рассматривал *абиссинский центр*. Впоследствии число центров происхождения культурных растений было увеличено до 12.

ЗАДАЧИ ПО ГЕНЕТИКЕ

Моногибридное скрещивание

1. У человека ген дальновзоркости доминирует над геном нормального зрения. В семье муж и жена страдают дальновзоркостью, однако матери обоих супругов видели нормально. 1. Сколько типов гамет образуется у жены? 2. Сколько разных генотипов может быть среди детей данной супружеской пары? 3. Сколько разных фенотипов может быть среди детей данной супружеской пары? 4. Какова вероятность (в %) рождения в данной семье ребенка с нормальным зрением? 5. Какова вероятность (в %) рождения в данной семье ребенка, страдающего дальновзоркостью?

2. У собак ген, отвечающий за развитие висячих ушей доминирует над геном стоячих ушей. При скрещивании гетерозиготных собак с висячими ушами и собак со стоячими ушами получили 214 щенков. 1. Сколько типов гамет образуется у собаки со стоячими ушами? 2. Сколько разных фенотипов будет в F_1 ? 3. Сколько разных генотипов будет в F_1 ? 4. Сколько гетерозиготных животных будет в F_1 ? 5. Сколько животных с висячими ушами будет в F_1 ?

3. У арбуза ген зеленой окраски плода доминирует над геном полосатой окраски. От скрещивания гомозиготного зеленоплодного сорта с полосатым получили 217 гибридов первого поколения. Гибриды переопылили и потом получили 172 гибрида во втором поколении. 1. Сколько типов гамет образует растение с зелеными плодами? 2. Сколько растений в F_1 будут гетерозиготными? 3. Сколько разных генотипов будет в F_2 ? 4. Сколько растений в F_2 будет с полосатой окраской плодов? 5. Сколько гомозиготных растений с зелеными плодами будет в F_2 ?

4. У мухи-дрозофилы ген серой окраски тела доминирует над геном черной окраски тела. При скрещивании гомозиготных мух с серым телом и черных мух получили 34 мухи. Гибриды из F_1 затем скрестили с черными мухами и в F_2 получили 96 мух. 1. Сколько типов гамет образуется у гибридов из F_1 ? 2. Сколько серых мух было в F_1 ? 3. Сколько серых мух было в F_2 ? 4. Сколько черных мух было в F_2 ? 5. Сколько разных генотипов было в F_2 ?

5. Скрещивали растения гороха. Гомозиготный красноцветковый сорт опылили пыльцой белоцветкового сорта, а затем после самоопыления получили 96 растений в F_2 . 1. Сколько разных фенотипов будет в F_1 ? 2. Сколько типов гамет образуют эти растения? 3. Сколько доминантных гомозиготных

растений будет в F_2 ? 4. Сколько доминантных гетерозиготных растений будет в F_2 ? 5. Сколько растений с белыми цветками будет в F_2 ?

6. Ген черной масти у крупного рогатого скота доминирует над геном красной масти. Какое потомство F_1 получится от скрещивания чистопородного черного быка с красными коровами? Какое потомство F_2 получится от скрещивания гибридов между собой?

7. Гладкая окраска арбузов наследуется как рецессивный признак. Какое потомство получится от скрещивания двух гетерозиготных особей с полосатыми плодами?

8. Ген белой окраски венчика у флокса доминирует над геном розовой. Скрещено гетерозиготное растение с белой окраской венчика с растением, имеющим розовую окраску. Получено 96 гибридов. 1. Сколько типов гамет может образовать растение с розовой окраской венчика? 2. Сколько растений F_1 будет с розовой окраской? 3. Сколько разных генотипов будет в F_1 ? 4. Сколько разных генотипов будет в F_1 ? 5. Сколько растений в F_1 будут иметь белую окраску венчика?

9. У человека ген, вызывающий одну из форм наследственной глухоноты, рецессивен по отношению к гену нормального слуха. От брака глухонемой женщины с нормальным мужчиной родился глухонемой ребенок. Определить генотипы всех членов семьи.

10. У морских свинок ген мохнатой шерсти (R) доминирует над геном гладкой шерсти (r). Мохнатая свинка при скрещивании с гладкой дала 18 мохнатых и 20 гладких потомков. Каков генотип родителей и потомства? Могли бы у этих свинок родиться только гладкие особи?

11. Одна из форм шизофрении наследуется как рецессивный признак. Определить вероятность рождения ребенка с шизофренией от здоровых родителей, если известно, что бабушка со стороны отца и дед со стороны матери страдали этим заболеванием.

12. Две черные самки мыши скрещивались с коричневым самцом. Одна из самок дала 20 черных и 17 коричневых потомков, а другая – 33 черных. Какой признак доминирует? Каковы генотипы родителей и потомков?

13. При скрещивании серых кур с белыми все потомство оказалось серым. При скрещивании этого потомства опять с белыми получилось 172 особи, из которых 85 серых. Какой признак доминирует? Каковы генотипы обеих форм и их потомства?

14. В одном из зоопарков Индии у пары тигров с нормальной окраской родился тигр альбинос. Тигры альбиносы встречаются крайне редко. Какие действия должны провести селекционеры, чтобы как можно быстрее получить максимальное количество тигрят с данным признаком?

Дигибридное скрещивание

1. У кур ген оперенных ног доминирует над геном голых ног, а ген розовидной формы гребня над геном простой формы. Признаки наследуются

независимо друг от друга. Курица с голыми ногами и простым гребнем скрещена с петухом, имеющим оперенные ноги и розовидный гребень. Известно, что петух является потомком курицы с голыми ногами и петуха с простым гребнем. 1. Сколько типов гамет образуется у курицы? 2. Сколько типов гамет образуется у петуха? 3. Сколько разных фенотипов может получиться при таком скрещивании? 4. Сколько разных генотипов получится при таком скрещивании? 5. Какова вероятность (в %), что цыплята будут похожи на курицу-мать?

2. Ген высокого роста у гороха доминирует над геном низкого роста, ген пурпурной окраски цветков доминантен по отношению к гену белой окраски. Гомозиготное высокорослое растение с белыми цветками скрестили с гомозиготным низкорослым растением, имеющим пурпурные цветки. В F_1 получили 126 высокорослых растений с пурпурными цветками, в F_2 - 1722. 1. Сколько фенотипов у растений F_1 ? 2. Сколько растений F_2 могут быть гомозиготными? 3. Сколько разных фенотипов может быть в F_2 ? 4. Сколько растений в F_2 могут иметь высокий рост и белые цветки и давать расщепляющееся потомство? 5. Сколько растений F_2 могут иметь низкий рост и пурпурные цветки?

3. У человека способность преимущественно владеть правой рукой (А) и карий цвет глаз (В) определяются доминантными генами. В брак вступили кареглазый мужчина-правша и голубоглазая женщина-правша. Мать мужчины была голубоглазой левшой, и отец женщины был левшой. 1. Сколько типов гамет у мужчины? 2. Сколько типов гамет у женщины? 3. Сколько разных фенотипов может быть у их детей? 4. Сколько разных генотипов может быть у детей? 5. Какова вероятность рождения ребенка-левши?

4. Гены черной окраски шерсти и висячих ушей у собак доминируют над генами коричневой окраской и стоячими ушами. Скрещивались чистопородные черные собаки с висячими ушами с собаками, имеющими коричневую окраску шерсти и стоячие уши. Гибриды скрещивались между собой. 1. Сколько разных генотипов должно появиться среди щенков? 2. Сколько разных фенотипов будет среди них? 3. Какая часть щенков F_2 фенотипически должна быть похожа на гибрид F_1 ? 4. Какая часть гибридов F_2 должна быть полностью гомозиготна? 5. Какая часть щенков F_2 должна быть с генотипом, подобному генотипу гибридов F_1 ?

5. У свиней ген белой щетины (А) доминирует над геном чёрной щетины, а ген мохнатых ушей (В) – над геном нормальных ушей. Скрещивали свиней дигетерозиготных по этим признакам и получили 96 поросят. 1. Сколько типов гамет образуется у каждого родителя? 2. Сколько разных генотипов получится от такого скрещивания? 3. Сколько родилось чёрных поросят? 4. Сколько родилось поросят белых и с нормальными ушами? 5. Сколько разных генотипов среди чёрных поросят с мохнатыми ушами? 6. С какой вероятностью в F_2 будет получаться полная доминантная гомозигота?

6. Чистопородного, черного, комолого быка (доминантные признаки, которые наследуются независимо) скрестили с красными рогатыми корова-

ми. Какими будут гибриды? Каким окажется следующее поколение от скрещивания гибридов между собой?

7. У человека альбинизм и способность преимущественно владеть левой рукой – рецессивные признаки, наследуются независимо. Каковы генотипы родителей с нормальной пигментацией и владеющих правой рукой, если у них родился ребенок альбинос и левша.

8. Тыкву, имеющую желтые плоды дисковидной формы, скрестили с тыквой, у которой были белые шаровидные плоды. Все гибриды от этого скрещивания имели белую окраску и дисковидную форму плодов. Какие признаки доминируют? Каковы генотипы родителей и потомства?

9. У голубоглазой близорукой женщины от брака с кареглазым мужчиной с нормальным зрением родилась кареглазая близорукая девочка и голубоглазый с нормальным зрением мальчик. Ген близорукости (В) доминантен по отношению к гену нормального зрения (в), а ген кареглазости (С) доминирует над геном голубоглазости (с). Какова вероятность рождения в этой семье кареглазого с нормальным зрением ребенка?

10. Глухота и болезнь Вильсона (нарушение обмена меди) – рецессивные признаки. От брака глухого мужчины и женщины с болезнью Вильсона родился ребенок с обоими аномалиями. Какова вероятность рождения в этой семье здорового ребенка?

11. У человека брахидактилия (укорочение пальцев) – доминантный признак, а альбинизм – рецессивный. Какова вероятность рождения ребенка с двумя аномалиями у гетерозиготных по обоим признакам родителей?

12. При скрещивании между собой серых мух с нормальными крыльями одна четверть потомства имела черное тело. Примерно у 25% всех дочерних особей крылья были зачаточной формы. Какие признаки доминируют? Каковы генотипы родителей?

Множественный аллелизм

1. У отца IV группа крови, у матери – I. Может ли ребенок унаследовать группу крови своего отца?

2. У мальчика I группа, у его сестры – IV. Что можно сказать о группах крови их родителей?

3. Родители имеют II и III группы крови. Какие группы следует ожидать у потомства?

4. В родильном доме перепутали двух детей. Первая пара родителей имеет I и II группы крови, вторая пара – II и IV. Один ребенок имеет II группу, а второй – I группу. Определить родителей обоих детей.

5. Женщина с III группой крови возбудила дело о взыскании алиментов с мужчины, имеющего I группу, утверждая, что он отец ребенка. У ребенка I группа. Какое решение должен вынести суд?

Задачи на взаимодействие генов

Неполное доминирование

1. При скрещивании между собой растений красноплодной земляники всегда получаются растения с красными ягодами, а белоплодной – с белыми. В результате скрещивания обоих сортов получаются розовые ягоды. Какое потомство получится при опылении красноплодной земляники пыльцой растения с розовыми ягодами?

2. У растения «ночная красавица» наследование окраски цветов осуществляется по промежуточному типу. Гомозиготные организмы имеют красные или белые цветы, а у гетерозигот они розовые. При скрещивании двух растений половина гибридов имела розовые, а половина – белые цветки. Определить генотипы и фенотипы родителей.

3. Форма чашечки у земляники может быть нормальная и листовидная. У гетерозигот чашечки имеют промежуточную форму между нормальной и листовидной. Определить возможные генотипы и фенотипы потомства от скрещивания двух растений, имеющих промежуточную форму чашечки.

4. Кохинуровые норки (светлые, с черным крестом на спине) получаются в результате скрещивания белых норок с темными. Скрещивание между собой белых норок всегда дает белое потомство, а скрещивание темных – темное. Какое потомство получится от скрещивания между собой кохинуровых норок? Какое потомство получится от скрещивания кохинуровых норок с белыми?

5. У крупного рогатого скота породы шортгорн красная масть доминирует над белой, а в гетерозиготном состоянии животные имеют чалую окраску. От коров, имеющих черную масть, и белого быка родилось 12 телят. Сколько телят при таком скрещивании имели чалую масть?

6. От скрещивания между собой растений редиса с овальными корнеплодами получено 68 растений с круглыми, 138 – с овальными и 71 – с длинными корнеплодами. Как осуществляется наследование формы корнеплода у редиса? Какое потомство получится от скрещивания растений с овальными и круглыми корнеплодами?

7. От скрещивания гнедых лошадей с альбиносами рождаются жеребята с золотисто-желтой окраской туловища при почти белой гриве и белом хвосте (так называемая окраска паломино). Попытки развести чистую линию лошадей такой масти не увенчались успехом. При скрещивании всегда возникало расщепление в соотношении: 1 гнедой: 2 паломино: 1 альбинос. Как это можно объяснить? Как наследуется окраска паломино у лошадей?

8. Желтая морская свинка при скрещивании с белой всегда дает кремовых потомков. Скрещивание кремовых свинок между собой всегда дает расщепление 1 желтая: 2 кремовые: 1 белая. Определите характер наследования окраски и вероятность рождения белых морских свинок от скрещивания кремовых.

9. От скрещивания усатого растения земляники с красными ягодами с безусым растением, имеющим белые ягоды, в F_1 все растения усатые с розовыми ягодами. В F_2 произошло расщепление: 16 растений усатых красноплодных, 5 безусых красноплодных, 32 усатых розовоплодных, 11 безусых розовоплодных, 14 усатых белоплодных и 4 безусых белоплодных. Определите характер наследования окраски ягод и усатости, а также генотипы всех фенотипических групп F_2 .

10. Редкий рецессивный аллель (а) вызывает у человека наследственную анофтальмию (отсутствие глазных яблок). Аллель А обуславливает нормальное развитие глаза. У гетерозигот глазные яблоки уменьшены. Супруги гетерозиготны по гену А. Определите тип наследования признаков в F_1 по генотипу и фенотипу. Мужчина, гетерозиготный по гену А (с уменьшенными глазными яблоками) женился на женщине с нормальным развитием глаз. Какое расщепление по фенотипу окажется у его детей?

Кодоминирование

1. Скрестили пестрых петуха и курицу. В результате получили 26 пестрых, 12 черных и 13 белых цыплят. Какой признак доминирует? Как наследуется окраска оперения у этой породы кур?

2. Ребенок имеет группу крови АВ, на него претендуют две пары родителей. В одном случае у отца группа крови А, у матери - В; в другом у матери - АВ, а у отца - 0. Претензия какой пары может быть исключена?

3. У одного японского сорта бобов при самоопылении растения, выращенного из светлого пятнистого семени, получено: $1/4$ – темных пятнистых семян, $1/2$ – светлых пятнистых и $1/4$ – семян без пятен. Какое потомство получится от скрещивания растения с темными пятнистыми семенами с растением, имеющим семена без пятен?

4. Какие группы крови возможны у детей, если у их матери - первая группа, а у отца - вторая?

5. У коров гены красной (R) и белой (r) окраски кодоминантны друг другу. Гетерозиготные особи (Rr) – чалые. Фермер купил стадо чалых коров и решил оставлять себе только их, а красных и белых продавать. Быка какой масти он должен купить, чтобы продать как можно больше телят?

6. У коров комолость доминирует над рогатостью, а красная масть - над белой. У коров шортгорнской породы наблюдается кодоминирование и гетерозиготные животные имеют чалую масть (бело-красную). При скрещивании гомозиготных комолых белых коров с гомозиготным рогатым красным быком шортгорнской породы в F_1 получили 6 животных в F_2 - 33.

7. 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?

8. Селекционер скрестил кроликов шиншилловой окраски с гималайскими. Все первое поколение было светло-серым. Полученные гибриды

скрещивались между собой. При этом было получено 99 крольчат светло-серой окраски :48 гималайских :51 шиншиловой окраски шерсти. Определите генотипы родителей и гибридов первого и второго поколений. В другом опыте скрестили кроликов дикой окраски (агути) с гималайскими и получили 81 крольчонок. Из них 41 с окраской дикого типа; 19 гималайских и 21 альбинос. Определите генотипы этих родительских форм и их потомков.

9. Какие мужчины—0, А, В или АВ, несправедливо обвиненные в отцовстве, имеют больше всего шансов на оправдание, если допустить, что частота всех трех аллелей одинакова и споры об отцовстве возникают одинаково часто по отношению детей с группами крови 0, А, В и АВ? Аргументируйте свой выбор.

10. В семье мужчины с группой крови АВ и женщины с группой крови А было трое детей с группами крови В, АВ и 0. Определите генотипы родителей и детей. Нет ли, по-вашему мнению, каких-либо сомнительных фактов в условии задачи?

Комплементарность

1. У душистого горошка окраска цветов проявляется только при наличии двух доминантных генов А и В. Если в генотипе имеется только один доминантный ген, то окраска не развивается. Какое потомство F_1 и F_2 получится от скрещивания растений с генотипами ААbb и aaВВ?

2. При скрещивании двух растений тыквы со сферической формой плодов получено потомство, имеющее только дисковидные плоды. При скрещивании этих гибридов между собой были получены растения с тремя типами плодов: 9 частей – с дисковидными плодами, 6 частей – со сферической формой плодов, 1 часть – с удлиненными плодами. Какая закономерность наблюдается в данном случае? Каковы генотипы родителей и потомства?

3. У кукурузы нормальный рост определяется двумя доминантными неаллельными генами. Гомозиготность по рецессивным аллелям даже одной пары генов приводит к возникновению карликовых форм. При скрещивании двух карликовых растений кукурузы выросли гибриды нормальной высоты, а при скрещивании этих гибридов в их потомстве было получено 890 нормальных и 692 карликовых растений. Определить генотипы родителей и потомков.

4. У норки за окраску шерсти отвечают два гена. Дикая коричневая окраска получается при наличии обоих доминантных аллелей Р и I, в остальных случаях – окраска платиновая. При каком типе скрещивания двух платиновых норок все их потомство будет коричневым?

Эпистаз

1. Как показал еще Г. Мендель, у гороха желтый цвет семядолей доминирует над зеленым. Однако примерно через 100 лет после работ Менделя

было выяснено, что в семядолях гороха зеленого цвета содержится пигмент - хлорофилл, а в желтых семядолях он отсутствует. В связи с этим возникло сомнение относительно доминирования желтой окраски, поскольку отсутствие продукта (хлорофилла) чаще бывает связано с рецессивной мутацией. Действительно, при скрещивании другого сорта желтого гороха с зеленым, гибридные семена оказались все желтыми, а во втором поколении получилось следующее расщепление – 252 желтых, 63 зеленых и 21 горошина бежевого цвета. Как же наследуется окраска семядолей у гороха? Напишите все возможные генотипы растений с желтой окраской семядолей.

2. Окраска цветов душистого горошка в красный цвет обусловлена двумя парами генов. Если хотя бы одна пара находится в рецессивном состоянии, то окраска не развивается. Одновременное присутствие в генотипе обоих доминантных генов вызывает развитие окраски. Каков генотип растений с белыми цветами, если при их скрещивании друг с другом все растения получились красного цвета?

3. Окраска шерсти у кроликов определяется двумя парами генов, расположенных в разных хромосомах. При наличии доминантного гена С доминантный ген А другой пары обуславливает серую окраску шерсти, рецессивный ген а – черную окраску. В отсутствие гена С окраска будет белая. Крольчата какого цвета получатся от скрещивания серых дигетерозиготных кроликов?

4. У лука ген R определяет красную окраску чешуй, а ген r – желтую. Любая окраска проявляется только при наличии в генотипе доминантного гена С, при его отсутствии чешуи имеют белую окраску. Определить генотипы исходных форм луковиц с белыми и красными чешуями, если все гибридные луковицы имели красную окраску чешуй.

5. От скрещивания белых и серых мышей в потомстве F₁ все особи были черными, а в F₂ было 77 черных, 37 серых и 45 белых мышей. Как наследуется окраска у этих мышей? Определить генотипы родителей и потомков.

6. У льна форма лепестков контролируется эпистатическим взаимодействием генов. Ген А обуславливает гофрированную форму лепестков, ген а – гладкую. Эпистатический ген I подавляет действие гена А, а ген i не оказывает влияния на форму лепестков. Какова вероятность получения растений льна с гофрированными лепестками от скрещивания растений, одно из которых гетерозиготно и имеет гофрированные лепестки, а другое дигетерозиготно?

7. При скрещивании растений одного из сортов тыквы с белыми и желтыми плодами все потомство F₁ имело белые плоды. При скрещивании этого потомства между собой в их потомстве F₂ было получено: 204 растения с белыми плодами, 53 растения с желтыми плодами, 17 растений с зелеными плодами. Определить возможные генотипы родителей и потомства.

8. У кур породы леггорн окраска перьев обусловлена наличием доминантного гена С. Если он находится в рецессивном состоянии, то окраска не развивается. На действие этого гена оказывает влияние ген I, который в доминантном состоянии подавляет развитие признака, контролируемого геном

С. Какое потомство получится от скрещивания дигетерозиготных по этим генам кур породы леггорн?

9. У кур породы леггорн окраска перьев обусловлена наличием доминантного гена С. Если он находится в рецессивном состоянии, то окраска не развивается. На действие этого гена оказывает влияние ген I, который в доминантном состоянии подавляет развитие признака, контролируемого геном С. Определить вероятность рождения окрашенного цыпленка от скрещивания кур с генотипом ССIi и ссIi.

10. При скрещивании чистых линий собак коричневой и белой масти все потомство имело белую окраску. Среди потомства полученных гибридов было 118 белых, 32 черных и 10 коричневых собак. Предложите гипотезу, объясняющую эти результаты.

11. У лошадей действие генов вороной (С) и рыжей масти (с) проявляется только в отсутствие доминантного гена D. Если он присутствует, то окраска белая. Какое потомство получится при скрещивании между собой белых лошадей с генотипом СсDd?

12. У овса черная окраска семян определяется доминантным геном А, а серая окраска – доминантным геном В. Ген А эпистатичен гену В, и последний в его присутствии не проявляется. При отсутствии в генотипе обоих доминантных генов окраска семян белая. При скрещивании двух серосеменных растений получили растения с серыми и белыми семенами в пропорции 3:1. Определить генотипы родителей. Какое расщепление в потомстве было бы получено, если бы скрещивались дигетерозиготные формы?

13. Свиньи бывают черной, белой и красной окраски. Белые свиньи несут минимум один доминантный ген I. Черные свиньи имеют доминантный ген E и гомозиготны по рецессивной аллели i. Красные поросята (eeii) лишены доминантного гена-подавителя I и доминантного гена, определяющего черную окраску. Какое потомство можно ожидать от скрещивания черной гомозиготной свиньи и красного кабана?

14. Чешуя белого лука различным образом реагирует на пары аммония в зависимости от генотипа растения. У растений генотипа ссii, утративших фермент, чешуя не окрашивается, а генотипа С-I- (в генотипе есть аллель, ответственный за выработку фермента, но одновременно присутствует его ингибитор или супрессор) чешуя в парах аммония становится желтой. При скрещивании между собой растений ссii и ССII гибриды F₁ имеют белые луковицы, а в F₂ наблюдается расщепление 13 белых: 3 желтых. Как изменится данное расщепление по этому признаку, если на луковицы подействовать парами аммония?

Полимерное действие генов

1. У пшеницы плотность колоса определяется по числу колосков на 10 см длины колосового стержня. Различают следующие типы плотности колоса: рыхлый - меньше 17 колосков, средней плотности - 7-20, выше средней - 20-23, плотный - 23-26, очень плотный (булавовидный) - больше 26. Предпо-

ложим, что плотность колоса определяется двумя парами полимерных неаллельных генов, оказывающих кумулятивное действие: чем меньше содержится в генотипе доминантных генов, тем плотнее будет колос. Скрестили два сорта пшеницы, имеющие колос средней и выше средней плотности и генотипы ♀ $A_1A_1a_2a_2$ и ♂ $A_1a_1A_2A_2$. Какую максимально возможную плотность колоса могут иметь растения F_1 ?

2. Сын белой женщины и мужчины негроидной расы женится на белой женщине. Может ли ребенок от этого брака быть темнее своего отца?

3. Какой фенотип потомства будет: 1) от брака мужчины негроидной расы и светлой мулатки; 2) от брака белого мужчины и темной мулатки?

4. Какое потомство получится от брака: 1) двух средних гетерозиготных мулатов; 2) двух средних гомозиготных мулатов?

5. У пастушьей сумки может быть стручок треугольной или округлой формы. При скрещивании любой гомозиготной формы с треугольным стручком с растением, имеющим округлый стручок, гибриды F_1 всегда имеют треугольные стручки. Определить генотипы растений в скрещивании, дающем следующее расщепление: 3 растения с треугольными стручками: 1 - с округлыми.

6. Два средних мулата имеют двух детей-близнецов со светлой и темной кожей. Можно ли установить генотипы родителей?

7. От брака среднего мулата и светлой мулатки родилось много детей, среди которых оказалось по $3/8$ средних и светлых мулатов и по $1/8$ – темных мулатов и белых. Каковы возможные генотипы родителей?

8. Может ли у одной пары родителей родиться двое детей-близнецов, один из которых со светлой кожей, а другой с темной?

Задачи на сцепленное наследование

1. Доминантные гены катаракты и эллиптоцитоза расположены в первой аутосоме. Определить вероятные фенотипы и генотипы детей от брака здоровой женщины и дигетерозиготного мужчины. Кроссинговер отсутствует.

2. Катаракта и полидактилия (многопалость) вызываются доминантными аллелями двух генов, расположенных в одной паре аутосом. Женщина унаследовала катаракту от отца, а многопалость от матери. Определить возможные фенотипы детей от ее брака со здоровым мужчиной. Кроссинговер отсутствует.

3. У дрозофилы доминантный ген, определяющий «лопастную» форму глаз располагается в той же аутосоме, что и рецессивный ген укороченности тела. Гомозиготную муху с укороченным телом и лопастными глазами скрестили с гомозиготной дрозофилой, имеющей круглые глаза и обычную форму тела. Какими окажутся гибриды первого поколения и каким будет потомство F_2 от скрещивания этих гибридов между собой?

4. Дрозофила, гомозиготная по признакам желтой окраски, наличия очень узких крыльев и отсутствия щетинок, была скрещена с дрозофилой,

имеющей в гомозиготном состоянии гены, определяющие серый цвет, нормальные крылья и щетинки. Какое потомство возникнет от скрещивания полученных гибридов между собой, если известно, что рецессивный ген желтой окраски и доминантный ген узких крыльев лежат во второй аутосоме, а рецессивный ген отсутствия щетинок – в третьей? Кроссинговер отсутствует?

5. Положительный резус-фактор и эллиптическая форма эритроцитов определяются доминантными аутосомными генами. Известно, что гены, отвечающие за резус-фактор и форму эритроцитов, находятся в одной аутосоме на расстоянии 3 морганид. Резус-положительная женщина с эллиптической формой эритроцитов, мать которой была резус-отрицательная и имела эритроциты нормальной формы, выходит замуж за резус-отрицательного мужчину с нормальной формой эритроцитов. Определите вероятность рождения резус-отрицательного ребенка с эллиптической формой эритроцитов.

6. У человека катаракта (болезнь глаз) и многопалость (полидактилия) определяются доминантными аллелями двух генов, располагающихся в одной и той же аутосоме на расстоянии 5 морганид. Женщина унаследовала катаракту от отца, а многопалость - от матери. Её муж имеет нормальные признаки. Какова вероятность того, что их ребёнок будет одновременно страдать обеими аномалиями?

7. У томатов гены, отвечающие за развитие высокого стебля и шаровидной формы плодов, доминируют над генами карликового стебля и грушевидной формы плодов. Гены расположены в одной хромосоме. Расстояние между генами, определяющими эти признаки, равно 20%. Скрещено гомозиготное высокое растение, имеющее грушевидные плоды с гомозиготным карликовым растением, имеющим шаровидные плоды. Какого потомства, и в каком отношении следует ожидать от скрещивания гибридов F_1 с карликовыми грушевидными растениями?

8. У кукурузы гены, обуславливающие скрученные листья (а) и карликовость (в), расположены на расстоянии 18 морганид. Скрещивали сорт карликовой кукурузы с нормальными листьями с высокорослым сортом со скрученными листьями. Определите генотипы и фенотипы гибридов первого поколения и ожидаемое соотношение фенотипических классов у гибридов второго поколения.

9. У кукурузы мучнистость эндосперма доминирует над восковидностью, фиолетовая окраска проростков - над зеленой. Гены, контролирующие эти признаки, локализованы в 9 хромосоме, расстояние между ними - 12 % кроссинговера. Какой фенотип и генотип будут иметь растения F_1 от скрещивания гомозиготных растений с мучнистым эндоспермом и зеленой окраской проростков с растением, имевшим восковидный эндосперм и фиолетовые проростки? Какое расщепление по фенотипу вы ожидаете получить в F_2 этого скрещивания?

10. У дрозофилы ген B определяет серый цвет тела, а ген V отвечает за развитие длинных крыльев. Рецессивные аллели этих генов b и v обуславливают черный цвет тела и короткие крылья. Эти гены расположены в одной паре аутосом на расстоянии 17 морганид. Скрещены две мухи, у которых в

одной хромосоме находились оба доминантных гена, а во второй - два рецессивных гена. Определите вероятность появления потомков, фенотипически отличающихся от родителей.

11. У кукурузы окрашенный эндосперм и гладкий алейрон контролируются доминантными генами C и S , а неокрашенный эндосперм и морщинистый алейрон – их рецессивными аллелями c и s . Эти гены находятся в одной паре гомологичных хромосом. Установлено, что расстояние между генами C и S составляет 3,6% кроссинговера. Какие гаметы и в каком процентном соотношении будут образовывать дигетерозиготное растение кукурузы с окрашенным эндоспермом и гладким алейроном? Какое потомство моно получить от скрещивания этого растения с растением гомозиготным по первому рецессивному признаку и гетерозиготным по второму признаку.

12. У томата высокий рост доминирует над низким, гладкий эндосперм – над шероховатым. От скрещивания двух растений получено расщепление: 208 высоких растений с гладким эндоспермом, 9 – высоких с шероховатым эндоспермом, 6 – низких с гладким эндоспермом, 195 – низких с шероховатым эндоспермом. Определить вид наследования, генотип исходных растений и расстояние между генами.

13. Гладкая форма семян кукурузы доминирует над морщинистой, а окрашенные семена – над неокрашенными. При скрещивании растений кукурузы с гладкими окрашенными семенами и с морщинистыми неокрашенными семенами получено следующее потомство: 4152 – гладких окрашенных, 149 – морщинистых окрашенных, 152 – гладких неокрашенных, 4166 – морщинистых неокрашенных. Определить тип наследования (сцепленное или независимое) и расстояние между генами, кодирующими форму и окраску семян у кукурузы.

14. У томатов признак высокого роста (A) доминирует над карликовым (a), а округлая форма плода (B) доминирует над грушевидной (b). Оба гена принадлежат к одной группе сцепления. При анализирующем скрещивании (скрещивание с гомозиготой по рецессивным признакам) получено: 38% высоких растений с округлыми плодами, 42% карликовых растений с грушевидными плодами, 10% высоких растений с грушевидными плодами, 10% карликовых растений с округлыми плодами. Определить расстояние между генами, кодирующими рост растения и форму плодов.

15. При скрещивании самки дрозофилы, дигетерозиготной по генам M и N , с рецессивным самцом получено следующее расщепление по фенотипу: $MN : Mn : mN : mn = 47:3:3:47$. Определить расстояние между генами M и N .

16. При анализирующем скрещивании дигетерозиготы в потомстве произошло расщепление на четыре фенотипических класса в соотношении: 42,4% – $AaBb$, 6,9% – $Aabb$, 7,0% – $aaBb$, 43,7% – $aabb$. Как наследуются гены? Каково расстояние между ними?

Наследование, сцепленное с полом

1. Классическая гемофилия передается как рецессивный, сцепленный с X-хромосомой, признак. Мужчина, больной гемофилией, женился на здоровой женщине (все ее предки были здоровы). У них родилась здоровая дочь. Определить вероятность рождения больного гемофилией ребенка от брака этой дочери со здоровым мужчиной.

2. У дрозофилы доминантный ген красной окраски глаз (W) и рецессивный ген белой окраски (w) находятся в X-хромосомах. Белоглазая самка скрещивалась с красноглазым самцом. Какой цвет глаз будет у самцов и самок в первом и втором поколении?

3. Отсутствие потовых желез у людей – рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой. Мужчина, у которого отсутствуют потовые железы, женился на женщине, в семье которой никогда не встречалось это заболевание. Какова вероятность рождения у них детей с подобной аномалией?

4. У человека гемофилия детерминирована сцепленным с X-хромосомой рецессивным геном. Какова вероятность рождения больного ребенка от брака с генотипически здоровым партнером: а) мужчины, брат которого страдает гемофилией; б) здоровой женщины, имеющей такого брата?

5. Рецессивный ген дальтонизма (цветовой слепоты) располагается в X-хромосоме. Женщина с нормальным зрением (отец ее был дальтоником) выходит замуж за мужчину с нормальным зрением, отец которого был дальтоником. Определить возможные фенотипы потомства.

6. Рецессивный ген дальтонизма локализован в X-хромосоме. От брака женщины с нормальным зрением, родственники которой страдали дальтонизмом, и мужчины с нормальным зрением, у отца которого была цветовая слепота, родились три дочери с нормальным зрением и два сына с цветовой слепотой. Каковы генотипы родителей и потомства? От кого из родителей мальчики получили ген дальтонизма?

7. У человека цветовая слепота обусловлена рецессивным геном, сцепленным с X-хромосомой. Нормальное зрение определяется доминантным аллелем этого гена. От брака родителей с нормальным зрением родился ребенок с цветовой слепотой. Определить генотипы всех членов семьи.

8. У дрозофилы есть пара аллельных генов, один из которых определяет развитие нормальных круглых глаз, а другой – полосковидных глаз. Скрещивается самка, имеющая полосковидные глаза, с круглоглазым самцом. Все потомство F_1 имеет полосковидные глаза. Возвратное скрещивание самок из F_1 с родителем привело к появлению потомства F_2 , в котором половина самок и половина самцов имело полосковидные глаза, а другая половина – круглые. Объясните характер наследования данного признака.

9. Потемнение зубов – доминантный признак, сцепленный с X-хромосомой. У родителей, имеющих темные зубы, родилась дочь с темными и сын с белыми зубами. Какова вероятность рождения детей с белыми зубами в этой семье?

10. При скрещивании серых самок аквариумных рыбок гуппи с пестро окрашенным самцом в первом поколении получены серые самки и пестрые

самцы в соотношении 1:1. Такое же соотношение наблюдалось во всех последующих поколениях. Как объяснить полученные результаты?

11. Гипертония у человека определяется доминантным аутосомным геном, а оптическая атрофия вызывается рецессивным геном, сцепленным с полом. Женщина с оптической атрофией выходит замуж за мужчину с гипертонией, у которого отец также страдал гипертонией, а мать была здорова. 1. Какова вероятность, что ребенок в этой семье будет страдать обеими аномалиями (в %)? 2. Сколько типов гамет образуется у женщины? 3. Сколько типов гамет образуется у мужчины? 4. Какова вероятность рождения здорового ребенка (в %)? 5. Сколько разных фенотипов может быть среди детей этой пары?

12. Рябая окраска кур определяется доминантным геном, черная - рецессивным, локализованным в X-хромосоме. Розовидный гребень определяется доминантным аутосомным геном, листовидный гребень - рецессивным. Рябая курица с листовидным гребнем скрещивается с чистопородным черным петухом с розовидным гребнем. Получено 80 цыплят. 1. Сколько типов гамет образуется у курицы? 2. Сколько цыплят-курочек должно быть с черной окраской и розовидным гребнем? 3. Сколько разных генотипов среди цыплят? 4. Сколько цыплят-петушков должно быть с розовидным гребнем? 5. Сколько цыплят должно быть с рябой окраской и листовидным гребнем?

13. У человека недостаток фосфора в крови, обуславливающий специфическую форму рахита, зависит от доминантного гена, сцепленного с полом, а близорукость - от доминантного аутосомного гена. Женщина, гетерозиготная по гену близорукости, вступает в брак с мужчиной, страдающим указанной формой рахита. 1. Сколько типов гамет образуется у женщины? 2. Сколько разных фенотипов может быть среди детей этой пары? 3. Какова вероятность рождения в данной семье сына, страдающего обеими аномалиями (в %) 4. Какова вероятность рождения в этой семье ребенка здорового в отношении указанных аномалий? 5. Сколько разных генотипов может быть среди детей этой супружеской пары?

14. У человека развитие катаракты (заболевание глаз) зависит от доминантного аутосомного гена (А), а ихтиоз (заболевание кожи) – от рецессивного гена (b), сцепленного с полом. Женщина, больная ихтиозом, выходит замуж за мужчину, страдающего катарактой. У мужчины мать тоже страдала катарактой, а у отца этих заболеваний не было. 1. Сколько разных фенотипов может быть у детей в этой семье? 2. Сколько типов гамет образуется у женщины? 3. Какова вероятность рождения в этой семье ребенка, предрасположенного к обоим заболеваниям? 4. Какова вероятность рождения в этой семье здорового сына? 5. Какова вероятность рождения в этой семье здоровой дочери? 6. Какова вероятность рождения в этой семье двух здоровых дочерей подряд?

15. У человека способность различать вкус фенилтиокарбамида (ФТМ) определяется доминантным аутосомным геном (А), а дальтонизм (неспособность различать некоторые цвета) – рецессивным геном (b), сцепленным с полом. У супругов, различающих вкус ФТМ и не страдающих дальтонизмом,

родился сын-дальтоник, не различающий вкус ФТМ. 1. Сколько разных фенотипов может быть в этой семье у детей? 2. Сколько разных генотипов может быть в этой семье у детей? 3. Какова вероятность рождения дочери, похожей на мать? 4. Сколько разных фенотипов может быть в этой семье у дочерей? 5. Сколько разных фенотипов может быть в этой семье у сыновей? 6. Какова вероятность рождения в этой семье ребенка-дальтоника?