Практическое занятие №1

Тема занятия: Основные закономерности наследования признаков

Цель занятия: на конкретных примерах показать, как наследуются признаки, каковы условия их проявления, что необходимо знать и каких правил придерживаться при решении задач; продолжить формировать знания о моногибридном скрещивании и отклонении от первого закона Г. Менделя.

Задача № 1 Выпишите гаметы организмов со следующими генотипами: ААВВ; aabb; ААЬЬ; aaBB; AaBB; Aabb; AaBЬ; AABBCC; ААЬЬСС; AaBЬCC; AaBЬCc.

Разберем один из примеров. При решении подобных задач необходимо руководствоваться законом чистоты гамет: гамета генетически чиста, так как в нее попадает только один ген из каждой аллельной пары. Возьмем, к примеру, особь с генотипом AaBbCc. Из первой пары генов — пары А — в каждую половую клетку попадает в процессе мейоза либо ген А, либо ген а. В ту же гамету из пары генов В, расположенных в другой хромосоме, поступает ген В или b. Третья пара также в каждую половую клетку поставляет доминантный ген С или его рецессивный аллель — с. Таким образом, гамета может содержать или все доминантные гены — АВС, или же рецессивные — abc, а также их сочетания: ABc, AbC, Abe, aBC, aBc, a bC.
Чтобы не ошибиться в количестве сортов гамет, образуемых организмом с исследуемым генотипом, можно воспользоваться формулой N = 2n, где 2 — число типов гамет, а n — количество гетерозиготных пар генов. В правильности этой формулы легко убедиться на примерах: гетерозигота Аа имеет одну гетерозиготную пару; следовательно, N = 21 = 2 Она образует два сорта гамет: А и а. ДигетерозиготаAaBЬ содержит две гетерозиготные пары: N = 22 = 4, формируются четыре типа гамет: АВ, Ab, aB, ab.
ТригетерозиготаAaBЬCc в соответствии с этим должна образовывать 8 сортов половых клеток N = 23 = 8), они уже выписаны выше.

Алгоритм решения задач по генетике.

1. Внимательно прочтите условия задачи.

2. Запишите кратко условия задачи.

3. Напишите фенотипы и генотипы скрещиваемых особей.

4. Определите и запишите типы гамет, которые образуются.

5. Определите и запишите генотипы и фенотипы потомства полученного в результате гибридизации.

6. Проанализируйте результаты скрещивания. Определите численные соотношения потомства по фенотипу и генотипу. Сделайте записи в виде числовых соотношений.

7. Запишите ответы на вопросы задачи.

Оформление задач по генетике

При решении задач по генетике используется следующая символика:

1. Р – родители (от лат «парента»)

2. ♀ - женская особь

3. ♂ - мужская особь

4. F1, F2 – потомство от скрещивания (1-ое,2-ое ит.д. поколение)

5. × - скрещивание

6. A,B,C - доминантные признаки

7. a,в,c – рецессивные признаки

8. - гаметы записываются в кружке

Делая записи надо помнить:

1. на первом (слева) месте пишется женская (материнская) особь, на втором (справа) пишется мужская (отцовская) особь.

2. Аллельные гены пишутся рядом (AABB).

3. При записи генотипа буквы пишутся в алфавитном порядке (aaBB, а не BBaa).

4. Если известен только фенотип, неизвестные гены обозначаются ? или «_».

5. Под генотипом пишут фенотип: AA aa

жёлтый зелёный

6. У особей определяется и записывается тип гамет, одинаковые не повторяют

7. Фенотипы и гаметы пишутся строго под соответствующим генотипом.

8. Записывается ход решения с объяснениями. Можно оформлять в сетке Пеннета.

9. Записывается вывод (ответ).

10. Запись типа «один ребенок будет больным, а другой здоровым» или «первый ребенок родится больным, а второй здоровым» неправильна, поскольку результаты указывают лишь на вероятность рождения тех или иных особей.

При решении задач по генетике необходимо помнить правила:

1.Каждая гамета получает гаплоидный набор хромосом (генов). Все хромосомы (гены) имеются в гаметах.

2.В каждую гамету попадает только одна гомологичная хромосома из каждой пары (только один ген из каждой аллели).

3.Число возможных вариантов гамет равно 2n, где n – число хромосом, содержащих гены в гетерозиготном состоянии.

4.Одну гомологичную хромосому (один аллельный ген) из каждой пары ребенок получает от отца, а другую (другой аллельный ген) – от матери.

5.Гетерозиготные организмы при полном доминировании всегда проявляют доминантный признак. Организмы с рецессивным признаком всегда гомозиготны.

Примеры решения задач.

У человека близорукость доминирует над нормальной остротой зрения. Гетерозиготная близорукая женщина выходит замуж за мужчину с нормальной остротой зрения. Каких детей можно ожидать от такого брака?

1. Записываем условия задачи:

А - близорукость

а - норма

♀ - Аа (т.к. по условию задачи, она гетерозиготная)

♂ - аа (мужчина имеет рецессивные признаки)

F1 - ?

Решение

Записываем схему скрещивания:

Р ♀ Аа × аа ♂

близор. норма

Определяем типы гамет родителей.

G А а а

Получаем потомков F1

Аа и аа

Определяем фенотип:

Аа – близорукие и аа – с нормальной остротой зрения.

Проводим анализ скрещивания, в F1 произошло расщепление 1 : 1, или 50% близоруких, 50% с нормой.

Определяем генотип: Аа – это гетерозиготные особи, аа – гомозиготные.

Краткая запись решения задачи:

Р ♀ Аа аа ♂

G А а а

F1 Аа аа

Близорук. Норма

По фенотипу: 1:1 (50% близоруки, 50% с нормальным зрением)

По генотипу: 1 (Аа) : 1 (аа)

Ответ: вероятность рождения детей с нормальным зрением ½ (50%) и ½ (50%) близоруких.

Оформление решения задачи с использованием сетки Пеннета.

♀ /♂	а	а

A	Aa	Aa
a	aa	aa

Гены одной группы сцеплены не абсолютно. Во время мейоза при конъюгации гомологичные хромосомы могут перекрещиваться (кроссинговер) и обмениваться идентичными участками, то есть гены одной хромосомы переходят в другую хромосому, гомологичную ей. Тогда сцепленные гены расходятся в разные гаметы и наблюдается, таким образом, неполное сцепление генов. Дигетерозигота BC в этом случае будет давать 4 типа гамет: ^{вс}
два типа со сцепленными генами (некроссоверные) BC и вс и два типа с хромосомами, которые обменялись гомологичными участками (кроссоверные) – Вс и вС. Некроссоверных гамет всегда больше.
Чем дальше друг от друга расположены локусы в одной хромосоме, тем меньше действуют силы притяжения, тем чаще кроссинговер и обмен гомологичными участками. И, наоборот, чем ближе расположены гены в хромосомах, тем больше силы сцепления и реже происходит обмен идентичными участками при кроссинговере. 1% перекреста между генами условились принимать за единицу расстояния между ними, которую в честь Т. Моргана назвали ***морганидой***. Зная процент кроссинговера между генами, мы можем говорить о расстоянии между ними. Допустим, что гены **A** и **B** относятся к одной группе сцепления и кроссинговер между ними 10%, значит, расстояние между ними 10 морганид. Наоборот, зная расстояние между генами, находящимися в одной группе сцепления, мы можем определить процентное соотношение гамет у конкретного организма.
Пример: сколько типов гамет и в каком процентном соотношении дает дигетерозигота Cd, если известно, ч**то расстояние между генами C и d равно 20 морганидам?** ^{cD}
Решение: данная дигетерозигота будет давать 4 сорта гамет: 2 сорта кроссоверных (CD и cd), которые вместе составляют 20%, а порознь по 10%, и 2 сорта некроссоверных гамет (Cd и cD), составляющих вместе 80%, а порознь по 40%.

Так как количество кроссоверных гамет всегда меньше, чем некроссоверных, то по потомству, полученному при анализирующем скрещивании, можно определить тип наследования признака: независимое или сцепленное, а также расстояние между генами, если обнаружено сцепление генов.

Пример: у мух дрозофил темная окраска тела рецессивна по отношению к серой, короткие крылья – к длинным. В лаборатории скрещивались серые длиннокрылые самки 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 тип наследования признаков и расстояние между генами, определяющими эти признаки.
Решение: по условию задачи самка дигетерозиготна, а самец — рецессивный. Если мы обозначим ген серой окраски буквой B, а черный – в, длинные крылья – V, короткие – v, то генотип самки будет BbVv, самца – bbvv. По полученному потомству видно, что самка дает 4 типа гамет (самец – рецессивный и может давать только один тип гамет, а в потомстве – 4 группы особей, отличающихся по фенотипу), и что гены, отвечающие за цвет тела и длину крыльев, находятся в одной группе сцепления, т.к. похожих на родителей особей больше, а непохожих – меньше.
P: ♀ BV x ♂ вv

BV BV

Г: BV, bv, Bv, bV, bv
некроссо кроссо
верные верные
F: BV, bv Bv, bV
BV BV BV BV

некроссоверные кроссоверные
1394+1418 288+287
Если бы было независимое наследование, то самка давала бы 4 типа гамет в равном процентном соотношении, а в потомстве наблюдалось бы расщепление в соотношении 1: 1: 1: 1 (по 25 %). Такого не наблюдается, значит, гены находятся в одной группе сцепления и дают кроссоверные и некроссоверные гаметы. Зная количество рекомбинантнов в потомстве, можно определить расстояние между генами – оно будет равно сумме кроссоверных организмов. Все потомство, по нашим данным, включает 3387 особей, а количество рекомбинантных форм – 575 (287 + 288), что составляет 17 %. Таким образом, гены, отвечающие за окраску тела и длину крыльев, находятся в одной хромосоме, и расстояние между ними равно 17 % кроссинговера, или 17 морганидам.
Явление неполного сцепления генов имеет большое значение при составлении генетических карт, т.е. таких прямых, на которых указан порядок расположения генов в хромосоме и относительное расстояние друг от друга.
Генетические карты строятся на основе гибридологического анализа. Например, гены **А**, в, **С** лежат в одной хромосоме. Получено расстояние между ними в результате анализирующего скрещивания: S (Ав) – 10 морганид, S (вС) -14 морганид, S (АС) – 24 морганиды. Тогда гены в хромосоме располагаются таким образом:
А 10 % в 14 % С 24%

Решение задач по общей и молекулярной генетике

Задача 1. Гладкая окраска арбузов наследуется как рецессивный признак. Какое потомство получится от скрещивания двух гетерозиготных растений с полосатыми плодами?

- ?-гладкая окраска
- ?-полосатая окраска

- Фенотип P:
- Генотип P: ?
- Гаметы: ?
- Генотип F: ?
- Фенотип F: ?

Задача 2. Один ребёнок в семье родился здоровым, а второй имел тяжёлую наследственную болезнь и умер сразу после рождения. Какова вероятность того, что следующий ребёнок в этой семье будет здоровым? Рассматривается одна пара аутосомных генов.

Решение. Анализируем генотипы родителей: оба родителя здоровы, они не могут иметь данную наследственную болезнь, т.к. она приводит к гибели организма сразу после рождения.

Если предположить, что данное заболевание проявляется по доминантному типу и здоровый признак является рецессивным, тогда оба родителя рецессивны. Тогда у них не может родиться больной ребёнок, что противоречит условию задачи. Если данная болезнь является рецессивной, а ген здорового признака наследуется по доминантному типу, тогда оба родителя должны быть гетерозиготными и у них могут быть как здоровые дети, так и больные. Составляем схему скрещивания:

Ответ: Соотношение в потомстве 3:1, вероятность рождения здорового ребёнка в этой семье составляет 75%.

Задача 3. Мать брюнетка; отец блондин, в его родословной брюнетов не было. Родились три ребёнка: две дочери блондинки и сын брюнет. Ген данного признака расположен в аутосоме. Проанализировать генотипы потомства и родителей.

Решение: Генотип отцовского организма должен быть гомозиготным, т.к. в его родословной наблюдается чистая линия по цвету волос. Гомозиготный генотип бывает доминантным **(АА)** или рецессивным **(аа)**.

Если генотип отца гомозиготный доминантный, то в потомстве не будет детей с тёмными волосами – проявится “единообразие”, что противоречит условию задачи. Следовательно, генотип отца рецессивный. Материнский организм должен быть гетерозиготным.

Ответ: Соотношение по фенотипу и генотипу в потомстве составляет 1:1 или 50% 50%.

Задача 5. Кареглазый правша женился на голубоглазой правше. У них родилось двое детей: кареглазый левша и голубоглазый правша. Определить вероятность рождения в этой семье голубоглазых левшей.

А – карие глаза
а – голубые глаза
В – праворукость
b – леворукость
Определить: F_1

Ответ: вероятность рождения в этой семье голубоглазых детей, владеющих преимущественно левой рукой, равна 1/8, или 12,5%.

По системе АВ0 существует четыре группы крови, различающиеся специфическими белками: антигенами (агглютиногенами), содержащимися в эритроцитах, и антителами (агглютининами) – в сыворотке крови.

имеет антитела и
нет антигенов

имеет антиген А и антитела

имеет антиген В и антитела

имеет антигены А и В
нет антител

Установлено, что четыре группы крови человека обусловлены наследованием трех аллелей одного гена **I A** , **I B** , **i**. Явление, при котором имеется более чем два аллеля данного гена, называется **множественным аллелизмом**. Эти разнообразные аллельные состояния возникают путем мутаций одного локуса хромосомы, различающихся по своему фенотипическому проявлению. Комбинируясь в диплоидных клетках по два, могут образовывать 6 генотипов (00, АА, ВВ, А0, В0, АВ). Соответственно:

00 – I группа
А0, АА – II группа
В0, ВВ – III группа
АВ – IV группа

Так, I (0) группа обусловлена рецессивным аллелем (**i**), над которым доминируют как аллель **I A** (II группа), так и аллель **I B** (III группа). Аллели **I A I B** в гетерозиготе определяют IV группу.

Задача 6. Какие группы крови будут у детей, если у матери I группа крови, а у отца – IV группа?

i – I группа
I A I B – IV группа
Определить: F_1

Ответ: в семье возможно рождение детей как со II, так и с III группой крови в соотношении 1 : 1.

Сцепленные признаки

Сцепленными признаками называются признаки, которые контролируются генами, расположенными в одной хромосоме. Естественно, что они передаются вместе в случаях полного сцепления (**закон Моргана**). Однако, в мейозе при конъюгации гомологичные хромосомы могут перекрещиваться (**кроссинговер**) и обмениваться гомологичными участками. В этом случае гены одной хромосомы переходят в другую, гомологичную ей. Чем ближе друг к другу расположены гены в хромосоме, тем сильнее между ними сцепление и тем реже происходит их расхождение при кроссинговере, и, наоборот, чем дальше друг от друга отстоят гены, тем слабее сцепление между ними и тем чаще возможно его нарушение.

Количество разных типов гамет будет зависеть от частоты кроссинговера или расстояния между анализируемыми генами. Расстояние между генами исчисляется в морганидах: единице расстояния между генами, находящимися в одной хромосоме, соответствует 1% кроссинговера. Такая зависимость между расстояниями и частотой кроссинговера прослеживается только до 50 морганид.

Задача 7. Гемофилия и дальтонизм определяются рецессивными генами, расположенными в **X**-хромосоме на расстоянии 9,8 морганиды. Какие типы гамет и в каком количестве (в %) образуются у дигетерозиготной женщины?

Изобразим схему кроссинговера между парой **X**-хромосом. Надо учесть, что в это время каждая хромосома состоит из двух хроматид.

Наблюдается неполное сцепление. Процентное соотношение кроссоверных и некроссоверных гамет определяется для генов **H** и **D**. Оно составляет 9,8 морганиды, это значит, что 9,8% гамет образуется в результате кроссинговера. Большая же часть гамет получит сцепленные гены. Расчет:
100% – 9,8% = 90,2%.

Ответ. Кроссоверных гамет (**Hd** и **hD**) – 9,8% (4,9% **Hd** + 4,9% **hD**), некроссоверных (**HD** и **hd**) – 90,2% (45,1% **HD** + 45,1% **hd**).

Наследование признаков, сцепленных с полом

Сцепленными с полом называются признаки, гены которых расположены не в аутосоме (неполовой хромосоме), а в гетеросоме (половой хромосоме).

Хромосомы, определяющие пол у человека, различаются. Женщины имеют две крупных **X**-хромосомы (**XX** – гомогаметный пол), а мужчины – одну **X**-хромосому и одну **Y**-хромосому (**XY** – гетерогаметный пол). Следует иметь в виду, что у некоторых представителей животного мира распределение половых хромосом иное.

Схема решения задач на наследование признаков, сцепленных с полом, иная, чем на аутосомное моногибридное скрещивание. В случае, если ген сцеплен с **X**-хромосомой, он может передаваться от отца только дочерям, а от матери в равной степени и дочерям, и сыновьям. Если ген сцеплен с **X**-хромосомой и является рецессивным, то у женщины он проявляется только в гомозиготном состоянии. У мужчин второй **X**-хромосомы нет, поэтому такой ген проявляется всегда.

При решении задач этого типа используются не символы генов (**A**, **a**, **B**, **b**), как при аутосомном наследовании, а символы половых хромосом **X**, **Y** с указанием локализованных в них генов (**X H** , **X h**).

Задача 8. Дочь дальтоника вышла замуж за сына дальтоника. Оба различают цвета нормально. Определите, каким будет зрение у их детей?

X H – норма
X h – дальтонизм
Определить F_1

Женщина, вступившая в брак, различает цвета нормально, но ее отец – дальтоник. Следовательно, она гетерозиготна (**X H X h**).

Мужчина различает цвета нормально, хотя его отец – дальтоник, т. к. отец передает сыну **Y**-хромосому.

Ответ. У всех дочерей зрение будет нормальным. У сыновей расщепление по признаку 1 : 1, т.е. вероятность рождения больных детей 25%.

Взаимодействия неаллельных генов

В организме одновременно функционирует множество генов из разных аллелей, в том числе и расположенные в разных парах хромосом и распределяющиеся независимо друг от друга. Различают 3 типа взаимодействия неаллельных генов: эпистаз, комплементарность, полимерия.

Эпистаз – подавление действия генов одного аллеля генами другого. Различают эпистаз доминантный и рецессивный. В первом случае геном-подавителем является доминантный ген, во втором – рецессивный. Анализ при эпистазе ведется по схеме дигибридного скрещивания. В случае скрещивания дигибридов при доминантном эпистазе расщепление в F_1 оказывается 13 : 3 или 12 : 3 : 1, т.е. во всех случаях, когда присутствует доминантный ген-подавитель, подавляемый ген не проявится. В случае скрещивания дигибридов при рецессивном эпистазе расщепление во втором поколении наблюдается в отношении 9 : 3: 4.

Задача 9. Белое оперение определяется двумя парами несцепленных неаллельных генов. В одной паре доминантный ген определяет окрашенное оперение, рецессивный – белое. В другой паре доминантный ген подавляет окраску, рецессивный не подавляет окраску. Определить расщепление по фенотипу в F_2 при скрещивании белых птиц, имеющих генотип **CCII**, с белыми птицами, имеющие генотип **ccii**.

C – окраска пера
c – отсутствие окраски
I – подавление гена окраски
i – отсутствие подавления

Ответ. F_1 белого цвета, т.к. проявляется закон единообразия и явление доминантного эпистаза. В F_2 происходит расщепление в соотношении 13 белых : 3 окрашенных (выделенные генотипы).

Комплементарность – явление, при котором определенный фенотип формируется лишь при совместном действии неаллельных генов и не может проявиться при раздельном действии каждого из генов. Например, известно, что у некоторых растений пурпурная окраска возникает только при наличии двух доминантных генов (**C** и **P**). Эти гены необходимы для появления ферментов, участвующих в синтезе пурпурного пигмента антоциана. Если в генотипе имеется лишь один из доминантных генов (**C_pp**, **ccP_**) или оба доминантных гена отсутствуют, то цвет будет белым.

Задача 10. Каковы будут расщепления по фенотипу F_1 и F_2 при скрещивании душистого горошка с белыми цветами с генотипами **CCpp** и **ccPP**?

C – синтез пропигмента
c – пропигмент не синтезируется
P – синтез фермента, переводящего пропигмент в пигмент
p – фермент не синтезируется

Ответ. Гибриды F_1 единообразны, пурпурного цвета. В F_2 произошло расщепление по фенотипу в соотношении 9 пурпурных (выделенные генотипы) : 7 белых.

Полимерия – обусловленность количественного фенотипического признака суммарными действиями нескольких неаллельных генов (полигенов). Выраженность признака пропорциональна количеству генов в генотипе и зависит от количества доминантных генов, вносящих вклад в его развитие. Поскольку неаллельные гены оказывают одинаковое действие на один и тот же признак, их принято обозначать одной буквой латинского алфавита с указанием пары с помощью индекса ($\mathbf{A}_1\mathbf{A}_1\mathbf{A}_2\mathbf{A}_2$). У человека подобная закономерность прослеживается в наследовании пигментации кожи, роста, комплекции.

Задача 11. Цвет кожи человека определяется взаимодействием нескольких пар генов по типу полимерии, т.е. цвет кожи тем темнее, чем больше доминантных генов в генотипе.

Возможные генотипы и фенотипы цвета кожи:

Если два мулата ($\mathbf{A}_1\mathbf{a}_1\mathbf{A}_2\mathbf{a}_2$) имеют детей, то можно ли ожидать среди них детей с черной, смуглой и белой кожей? Какую часть составят дети каждого типа?

Ответ. В этой семье возможны дети всех цветов кожи: 1 : 4 : 6 : 4 : 1, т.е.

черные – 1/16
темные – 4/16
смуглые – 6/16
светлые – 4/16
белые – 1/16