

Наследственная информация и реализация ее в клетке

Дигибридное скрещивание – это скрещивание родительских особей, различающихся по двум парам альтернативных признаков и, соответственно, по двум парам аллельных генов. Полигибридное скрещивание – это скрещивание особей, различающихся по нескольким парам альтернативных признаков и, соответственно, по нескольким парам аллельных генов.

Георг Мендель скрещивал растения гороха, отличающиеся по окраске семян (желтые и зеленые) и по характеру поверхности семян (гладкие и морщинистые). Скрещивая чистые линии гороха с желтыми гладкими семенами с чистыми линиями, имеющими зеленые морщинистые семена, он получил гибриды первого поколения с желтыми гладкими семенами (доминантные признаки). Затем Мендель скрестил гибриды первого поколения между собой и получил четыре фенотипических класса в соотношении 9: 3: 3: 1, т. е. в результате во втором поколении появилось два новых сочетания признаков: желтые морщинистые и зеленые гладкие. Для каждой пары признаков отмечалось отношение 3: 1, характерное для моногибридного скрещивания: во втором поколении получилось $\frac{3}{4}$ гладких и $\frac{1}{4}$ морщинистых семян и $\frac{3}{4}$ желтых и $\frac{1}{4}$ зеленых семян. Следовательно, две пары признаков объединяются у гибридов первого поколения, а затем разделяются и становятся независимыми друг от друга.

На основе этих наблюдений Менделем был сформулирован **закон независимого наследования признаков**: расщепление по каждой паре признаков идет независимо от других пар признаков. В чистом виде это справедливо только для генов, локализованных в разных хромосомах, и частично соблюдается для генов, расположенных в одной хромосоме, но на значительном расстоянии друг от друга.

Создателем **хромосомной теории** является учёный Томас Морган.

Хромосомная теория является результатом изучения наследственности на клеточном уровне.

Основные положения хромосомной теории:

1. Ген – участок хромосомы. Хромосома представляет собой группу сцепленных генов.
2. Каждый ген занимает определенный участок (локус). Аллельные гены занимают аналогичные локусы в гомологичных хромосомах.
3. Гены расположены в хромосоме в линейном порядке.
4. Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно, сцеплено (Закон Моргана) и образуют группу сцепления. Число групп сцепления равно гаплоидному числу хромосом (n).
5. Между гомологичными хромосомами возможен обмен участками, или рекомбинация.
6. Расстояние между генами измеряется в процентах кроссинговера – морганидах.
7. Частота кроссинговера обратно пропорциональна расстоянию между генами, а сила сцепления между генами обратно пропорциональна расстоянию между ними.

В опытах Моргана среди гибридов второго поколения было небольшое число особей с перекомбинацией тех признаков, гены которых лежат в одной хромосоме. Это можно объяснить кроссинговером. Кроссинговер (от англ. *crossing-over* – перекрёст) – это обмен гомологичными участками гомологичных хромосом (хроматид). Американский цитолог У. Сэттон (1903) предположил, что в одной хромосоме может находиться несколько генов. В этом случае должно наблюдаться *сцепленное наследование признаков*, т.е. несколько разных признаков могут наследоваться так, как будто они контролируются одним геном. Тогда

совокупность генов в одной хромосоме образует *группу сцепления*. В 1906 г. У. Бэтсон и Р. Пеннет обнаружили сцепленное наследование у душистого горошка. Они изучали совместное наследование: окраски цветков (пурпурная или красная) и формы пыльцевых зерен (удлиненная или округлая). При скрещивании дигетерозигот в их потомстве наблюдалось расщепление 11,1:0,9:0,9:3,1 вместо ожидаемого 9:3:3:1. Таким образом, два признака (окраска цветков и морфология пыльцы) оказываются сцепленными. Соответственно, сцеплены и гены, контролирующие эти признаки («эффект взаимного притяжения»). Однако это сцепление не абсолютно: гены, контролирующие сцепленные признаки, могут приобретать независимость, и тогда появляются новые комбинации признаков. Вскоре были получены данные по сцепленному наследованию и нарушению сцепления некоторых признаков у дрозофилы. При перекресте хромосом происходит обмен между ними генетическим материалом (аллелями), и тогда происходит *рекомбинация* – появление новых сочетаний аллелей, например, $AB + ab \rightarrow Ab + aB$. Таким образом, термин «кроссинговер» употребляется и в цитологическом, и в генетическом значении.

Неаллельные гены – это гены, расположенные в различных участках хромосом и кодирующие неодинаковые белки. Неаллельные гены также могут взаимодействовать между собой. При этом либо один ген обуславливает развитие нескольких признаков, либо, наоборот, один признак проявляется под действием совокупности нескольких генов. Выделяют три формы взаимодействия неаллельных генов:

- 1) комплементарность;
- 2) эпистаз;
- 3) полимерия.

Комплементарное (дополнительное) действие генов – это вид взаимодействия неаллельных генов, доминантные аллели которых при

совместном сочетании в генотипе обуславливают новое фенотипическое проявление признаков. При этом расщепление гибридов F₂ по фенотипу может происходить в соотношениях 9: 6: 1, 9: 3: 4, 9: 7, иногда 9: 3: 3: 1. Примером комплементарности является наследование формы плода тыквы. Наличие в генотипе доминантных генов А или В обуславливает сферическую форму плодов, а рецессивных – удлиненную. При наличии в генотипе одновременно доминантных генов А и В форма плода будет дисковидной. При скрещивании чистых линий с сортами, имеющими сферическую форму плодов, в первом гибридном поколении F₁ все плоды будут иметь дисковидную форму, а в поколении F₂ произойдет расщепление по фенотипу: из каждых 16 растений 9 будут иметь дисковидные плоды, 6 – сферические и 1 – удлиненные.

Эпистаз – взаимодействие неаллельных генов, при котором один из них подавляется другим. Подавляющий ген называется эпистатическим, подавляемый – гипостатическим. Если эпистатический ген не имеет собственного фенотипического проявления, то он называется ингибитором. Эпистатическое взаимодействие неаллельных генов может быть доминантным и рецессивным. При доминантном эпистазе проявление гипостатического гена подавляется доминантным эпистатическим геном.

Расщепление по фенотипу при доминантном эпистазе может происходить в соотношении 12: 3: 1, 13: 3, 7: 6: 3. Рецессивный эпистаз – это подавление рецессивным аллелем эпистатического гена аллелей гипостатического гена.

Расщепление по фенотипу может идти в соотношении 9: 3: 4, 9: 7, 13: 3.

Полимерия – взаимодействие неаллельных множественных генов, однозначно влияющих на развитие одного и того же признака; степень проявления признака зависит от количества генов. Полимерные гены обозначаются одинаковыми буквами. Полимерное взаимодействие неаллельных генов может быть кумулятивным и некумулятивным. При кумулятивной (накопительной) полимерии степень проявления признака зависит от суммирующего действия генов. Чем больше доминантных аллелей

генов, тем сильнее выражен тот или иной признак. Расщепление F₂ по фенотипу происходит в соотношении 1: 4: 6: 4: 1.

При некумулятивной полимерии признак проявляется при наличии хотя бы одного из доминантных аллелей полимерных генов. Количество доминантных аллелей не влияет на степень выраженности признака.

Расщепление по фенотипу происходит в соотношении 15: 1.

Наследование признаков, сцепленных с полом. Пол организма – это совокупность признаков и анатомических структур, обеспечивающих половой путь размножения и передачу наследственной информации.

В определении пола будущей особи ведущую роль играет хромосомный аппарат зиготы – кариотип. Различают хромосомы, одинаковые для обоих полов – аутосомы, и половые хромосомы. В кариотипе человека содержится 44 аутосомы и 2 половых хромосомы – X и Y. За развитие женского пола у человека отвечают две X-хромосомы, т. е. женский пол гомогаметен.

Развитие мужского пола определяется наличием X– и Y-хромосом, т. е. мужской пол гетерогаметен.

Признаки, сцепленные с полом, кодируются генами, находящимися на половых хромосомах. У человека признаки, кодируемые генами X-хромосомы, могут проявляться у представителей обоих полов, а кодируемые генами Y-хромосомы – только у мужчин. Следует иметь в виду, что в мужском генотипе только одна X-хромосома, которая почти не содержит участков, гомологичных с Y-хромосомой, поэтому все локализованные в X-хромосоме гены, в том числе и рецессивные, проявляются в фенотипе в первом же поколении. В половых хромосомах содержатся гены, регулирующие проявление не только половых признаков. X-хромосома имеет гены, отвечающие за свертываемость крови, цветовое восприятие, синтез ряда ферментов. В Y-хромосоме содержится ряд генов, контролирующих признаки, наследуемые по мужской линии: волосистость ушной раковины, наличие кожной перепонки между пальцами и др. Известно очень мало генов, общих для X– и Y-хромосом. Различают X-сцепленное и

Y-сцепленно наследование. Так как X-хромосома присутствует в кариотипе каждого человека, то и признаки, наследуемые сцеплено с X-хромосомой, проявляются у представителей обоих полов. Женщины получают эти гены от обоих родителей и через свои гаметы передают их потомкам. Мужчины получают X-хромосому от матери и передают ее своему потомству женского пола. Различают X-сцепленное доминантное и X-сцепленное рецессивное наследование. У человека X-сцепленный доминантный признак передается матерью всему потомству. Мужчина передает свой X-сцепленный доминантный признак лишь своим дочерям. X-сцепленный рецессивный признак у женщин проявляется лишь при получении ими соответствующего аллеля от обоих родителей. У мужчин он развивается при получении рецессивного аллеля от матери. Женщины передают рецессивный аллель потомкам обоих полов, а мужчины – только дочерям.

При X-сцепленном наследовании возможен промежуточный характер проявления признака у гетерозигот. Y-сцепленные гены присутствуют в генотипе только мужчин и передаются из поколения в поколение от отца к сыну.

ЗАДАЧИ

Все генетические задачи, какой бы темы они ни касались (моно- или полигибридное скрещивание, аутосомное или сцепленное с полом наследование, наследование моно- или полигенных признаков), сводятся к трем типам: 1) расчетные; 2) на определение генотипа; 3) на определение характера наследования признака.

В условии *расчетной задачи* должны содержаться сведения:

– о характере наследования признака (доминантный или рецессивный, аутосомный или сцепленный с полом и др.);

– прямо или косвенно (через фенотип) должны быть указаны генотипы родительского поколения.

Вопрос расчетной задачи касается прогноза генетической и фенотипической характеристик потомства. Приведем пример задачи расчетного типа.

Задача 2. У человека ген полидактилии (многопалости) доминирует над нормальным строением кисти. У жены кисть нормальная, муж гетерозиготен по гену полидактилии. Определите вероятность рождения в этой семье многопалого ребенка.

Решение этой задачи начинается с записи ее условия и обозначения генов. Затем определяются (предположительно) генотипы родителей. Генотип мужа известен, генотип жены легко установить по фенотипу – она носительница рецессивного признака, значит, гомозиготна по соответствующему гену. Следующий этап – написание значений гамет. Следует обратить внимание на то, что гомозиготный организм образует один тип гамет, поэтому нередко встречающееся написание в этом случае двух одинаковых гамет не имеет смысла. Гетерозиготный организм формирует два типа гамет. Соединение гамет случайно, поэтому появление двух типов зигот равновероятно: 1:1.

Решение.

P: ♀ **aa** x ♂ **Aa**

гаметы: **(a)** **(A)** **(a)**

F₁ : **Aa, aa,**

где: **A** – ген полидактилии, **a** – нормальный ген.

Ответ: вероятность рождения многопалого ребенка составляет примерно 50%.

Обратите ваше внимание на недопустимость давать ответ в такой форме: «Один ребенок в семье родится нормальным и один многопалым» или еще хуже: «Первый ребенок будет многопалым, а второй нормальным». Сколько и каких детей будет у супругов, точно сказать нельзя, поэтому необходимо оперировать понятием вероятности.

В условии *задачи на определение генотипа* должна содержаться информация:

- о характере наследования признака;
- о фенотипах родителей;
- о генотипах потомства (прямо или косвенно).

Вопрос такой задачи требует характеристики генотипа одного или обоих родителей.

Задача 3. У норки коричневая окраска меха доминирует над голубой. Скрестили коричневую самку с самцом голубой окраски. Среди потомства два щенка коричневых и один голубой. Чистопородна ли самка?

Записываем условие задачи, вводя обозначения генов. Решение начинаем с составления схемы скрещивания. Самка обладает доминантным признаком. Она может быть как гомо- (**AA**), так и гетерозиготной (**Aa**). Неопределенность генотипа обозначаем **A_**. Самец с рецессивным признаком гомозиготен по соответствующему гену – **aa**. Потомки с коричневой окраской меха наследовали этот ген от матери, а от отца – ген голубой окраски, следовательно, их генотипы гетерозиготны. По генотипу коричневых щенков установить генотип матери невозможно. Голубой щенок от каждого из родителей получил ген голубой окраски. Следовательно, мать гетерозиготна (нечистопородна).

Решение.

P: ♀ **Aa** x ♂ **aa**

гаметы: **(A)** **(a)** **(a)**

F₁ : **1 Aa : 1 aa,**

Где: **A** – ген коричневой окраски меха, **a** – ген голубой окраски меха.

Ответ: генотип самки – **Aa**, то есть она нечистопородна.

В условиях *задач на установление характера наследования* признака:

- предлагаются только фенотипы следующих друг за другом поколений (то есть

фенотипы родителей и фенотипы потомства);

– содержится количественная характеристика потомства.

В вопросе такой задачи требуется установить характер наследования признака.

Задача 4. Скрестили пестрых петуха и курицу. Получили 26 пестрых, 12 черных и 13 белых цыплят. Как наследуется окраска оперения у кур?

При решении этой задачи логика рассуждения может быть следующей. Расщепление в потомстве свидетельствует о гетерозиготности родителей. Соотношение близкое к 1 : 2 : 1 говорит о гетерозиготности по одной паре генов. Согласно полученным долям (1/4 белые, 1/2 пестрые, 1/4 черные), черные и белые цыплята гомозиготны, а пестрые гетерозиготны. Обозначение генов и генотипов с последующим составлением схемы скрещивания показывает, что сделанный вывод соответствует результату скрещивания.

Решение.

P: ♀ $A^+ A$ × ♂ $A^+ A$
пестрые пестрые
гаметы: (A^+) (A) (A^+) (A)
F₁: 1 $A^+ A^+$: 2 $A^+ A$: 1 AA
черные пестрые белые

Ответ: окраска оперения у кур определяется парой полудоминантных генов, каждый из которых обуславливает белый или черный цвет, а вместе они контролируют развитие пестрого оперения.

Решите задачи с записью в своих тетрадах

1. В семье у здоровых родителей родился сын, больной гемофилией. Ген, отвечающий за данный признак, является рецессивным и сцепленным с полом. Определите генотипы родителей.
2. Процентное соотношение фенотипов в F₁ при скрещивании гетерозиготных растений ночной красавицы с розовыми цветками (промежуточное наследование) составляет...
 1. 25% (розовый) : 50% (красный) : 25% (белый)
 2. 25% (красный) : 50% (розовый) : 25% (белый)
 3. 50% (красный) : 50% (розовый)
 4. 50% (белый) : 50% (красный)
3. Если у сына I группа крови, у дочери – IV, то возможные группы крови родителей...
4. Если у матери группа крови АВ, а у отца – АО, то у детей возможны _____ группы крови.
5. В медицине имеет большое значение различие между четырьмя группами человеческой крови. Группа крови является наследственным признаком, зависящим от **одного гена**. Ген этот имеет не две, а три аллели, обозначаемые символами **A, B, 0**. Лица с генотипом **00** имеют первую группу крови, с генотипами **AA** или **A0** – вторую, **BB** или **B0** – третью, **AB** – четвертую (мы можем сказать, что аллели **A** и **B** доминируют над аллелью **0**, тогда как

друг друга они не подавляют). Какие группы крови возможны у детей, если у их матери – вторая группа крови, а у отца – первая?

6. Можно ли по группе крови определить отцовство? Объяснение запишите в тетради