

# Закономерности наследования

- **Взаимодействие аллельных генов.**
- **Взаимодействие неаллеломорфных генов.**
- **Сцепленное наследование.**  
**Кроссинговер**

# Основные положения

- Наследственные признаки обусловлены генами.
- **Гены** – отдельные участки ДНК хромосом
- **Локус** – место расположения гена на хромосоме
- В каждой паре гомологичных хромосом содержатся два родственных гена, которые отвечают за развитие одного признака
- Локусы родственных генов расположены в одинаковых местах гомологичных хромосом

# Основные положения

- **Аллель** – это один ген из пары находящийся в сходном локусе и контролирующей развитие альтернативных признаков. **Аллелью** называется еще форма состояния гена
- Взаимодействие генов, находящихся в одинаковых локусах гомологичных хромосом, называется аллельным или аллеломорфным

# Основные положения

- Гомозиготный организм – имеющий в одном и том же локусе гомологичных хромосом одинаковые по характеру действия гены (**AA, aa, BB, bb**)
- Гетерозиготный организм – имеющий в одном и том же локусе гомологичных хромосом разные по характеру действия гены (аллели) (**Aa, Bb**)

# Формы взаимодействия аллельных генов

- Полное доминирование
- Неполное доминирование
- Кодоминирование

# Полное доминирование

- Наблюдается когда закономерности наследования подчиняются законам Менделя, когда в фенотипе гетерозигот присутствует продукт одного гена
- При перекрестном опылении двух гомозиготных особей с генами **AA** и **aa** в первом гибридном поколении все растения по фенотипу будут одинаковы, а по генотипу будут гетерозиготными т.е. иметь гены **Aa**.

# Неполное доминирование

- Фенотип гетерозигот имеет среднее значение.
- При скрещивании белых и красных цветков у львиного зева получаем розовые цветки.
- Во втором гибридном поколении идет расщепление: одно красноцветковое растение, два с розовыми цветками и одно с белыми цветками.
- При этом наблюдается полное соответствие между фенотипом и генотипом – гомозиготы **AA** имеют красные цветки, гетерозиготы **Aa** – розовые и гомозиготы **aa** - белые

# Кодоминирование

- Взаимодействие аллельных генов, при котором у гетерозигот в фенотипе присутствует продукт обоих генов
- Примером кодоминирования является наследования у человека группы крови систем **ABO**. Группа крови контролируется серией множественных аллелей одного гена. Три аллели формируют шесть генотипов **OO** – первая, **AA** или **AO** – вторая, **BB** или **BO** – третья, **AB** – четвертая группа крови.



# Взаимодействие неаллельных генов

- Гены расположенные в разных локусах и ответственные за проявление одного гена называются неаллельными
- **Плейотропия** – множественное действие гена, когда один ген ответственен за ряд фенотипических эффектов.
- **Полигенная детерминация** – совместное действие нескольких генов на один признак.

# Типы взаимодействия неаллельных генов. Комплементарность.

- Комплементарные гены – обуславливающие при совместном сочетании новое фенотипическое проявление признака. Расщепление –  $9:3:3:1$ ,  $9:7$ ,  $9:3:4$ ,  $9:6:1$ .
- $9:3:3:1$  – каждый доминантный ген имеет самостоятельное фенотипическое проявление, сочетание в генотипе этих двух генов обуславливает новое фенотипическое проявление, а их отсутствие – не дает развитие признака.

# Комплементарность

- Например – ген **A** обуславливает развитие голубой окраски оперения волнистых попугайчиков, ген **B** – желтой, а попугайчики с генотипом **A\_B\_** – имеют зеленую окраску, а с генотипом **aabb** – белую.
- **9:7** – доминантные и рецессивные аллели комплементарных генов не имеют самостоятельного фенотипического проявления.

# Комплементарность

- Например, пурпурная окраска венчика цветка у душистого горошка развивается только при совместном сочетании в генотипе доминантных генов **A** и **B**, во всех остальных случаях окраска отсутствует, и венчик оказывается белым.

# Комплементарность

- **9:3:4** – доминантные и рецессивные аллели комплементарных генов имеют самостоятельное фенотипическое проявление.
- Например окраска у кроликов определяется двумя комплементарными генами: **A** – наличие окраски, **a** – отсутствие, **B** – черная окраска, **b** – голубая окраска

# Комплементарность

- **9:6:1** – сочетание доминантных аллелей комплементарных генов обеспечивает формирование одного признака, сочетание рецессивных аллелей этих генов – другого, а наличие в генотипе только одного из доминантных генов – третьего.
- Например, тыквы с генотипом **A\_B\_** имеют дисковидную форму плода, с генотипом **aabb** – удлиненную, а с генотипом **A\_bb** или **aaB\_** - сферическую

# Эпистаз

- Эпистатическим называют такое взаимодействие неаллельных генов, при котором один из них подавляет действие другого.
- Ген, подавляющий действие другого неаллельного гена, называется супрессором или ингибитором, и обозначается **I** или **S**. Подавляемый ген называется гипостатическим
- Эпистаз может быть доминантным и рецессивным

# Эпистаз

- Доминантным эпистазом называют подавление действия гена доминантной аллелью другого гена.
- Расщепление: **13:3** – наблюдается в том случае, если доминантная аллель эпистатического гена не имеет своего фенотипического проявления, а лишь подавляет действие другого гена, в то время как его рецессивная аллель не влияет на проявление признака.



# Эпистаз

- Например, у некоторых пород кур наличие доминантного эпистатического гена подавляет развитие окраски оперения, при его отсутствии куры окрашены
- **12:3:1** – наблюдается в том случае, если гомозиготная по рецессивным признакам особь имеет особый фенотип.
- Например, от скрещивания двух гетерозиготных собак щенки с генотипом **I\_aa** имеют белую окраску, а с генотипом **iiA\_** – черную, а с генотипом **ii aa** – коричневую

# Рецессивный эпистаз

- Взаимодействие неаллельных генов, при котором рецессивная аллель эпистатического гена в гомозиготном состоянии подавляет действие другого гена.
- При одинарном рецессивном эпистазе рецессивная аллель одного гена подавляет действие другого (**aa** подавляет **B\_**).
- При двойном – рецессивная аллель каждого гена в гомозиготном состоянии подавляет действие доминантной аллели (**aa** подавляет **B\_**, **bb** подавляет **A\_**).
- Расщепление **9:3:4** или **9:7**

# Полимерия

- **Взаимодействие неаллельных генов, однозначно влияющих на развитие одного и того же признака**
- **Такие гены называются полимерными или множественными и обозначаются одинаковыми буквами с соответствующими индексами (**A1, A2, A3**)**
- **Чаще всего полимерные гены контролируют количественные признаки (высота, масса, и т.д.)**

# Полимерия

- Полимерия может быть кумулятивной (суммирующей, аддитивной) и некумулятивной
- При кумулятивной полимерии степень проявления признака зависит от числа доминантных аллелей соответствующих полимерных генов.
- Например, чем больше доминантных аллелей генов, отвечающих за окраску кожи, содержится в генотипе человека, тем его кожа темнее.

# Полимерия

- При некумулятивной полимерии степень развития признака зависит не от количества доминантных аллелей, а лишь от их наличия в генотипе. Например, куры с генотипом **a1,a2,a3** имеют неоперенные ноги, во всех остальных случаях – ноги оперены
- Модифицирующие гены - гены, усиливающие или ослабляющие действие других генов.

# Сцепленное наследование

- **Сцепленное наследование** - явление совместного наследования генов, локализованных в одной хромосоме (первый закон Т.Моргана).
- **Материальной основой сцепления генов является хромосома**
- **Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно и образуют одну группу сцепления**

# Сцепленное наследование

- Количество групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом.
- Цис-положение – доминантные аллели находятся в одной из пары гомологичных хромосом, а рецессивные – в другой
- Транс-положение – доминантные и рецессивные аллели гена находятся в разных гомологичных хромосомах

# Сцепленное наследование

- **Полное сцепление – если гены, относящиеся к одной группе сцепления, всегда наследуются вместе**
- **Неполное сцепление – если между генами, относящимися к одной группе сцепления, возможна рекомбинация**



# Кроссинговер

- Сцепление генов может нарушаться в процессе кроссинговера, что приводит к образованию рекомбинантных хромосом
- В зависимости от особенностей образования гамет, различают:
  - кроссоверные гаметы – гаметы с хромосомами, претерпевшими кроссинговер
  - некроссоверные гаметы – гаметы с хромосомами, образованными без кроссинговера

# Кроссинговер

- Вероятность возникновения перекреста между генами зависит от их расположения в хромосоме: чем дальше друг от друга расположены гены, тем выше вероятность перекреста между ними
- За единицу расстояния между генами, находящимися в одной хромосоме, принят 1% кроссинговера.
- Величина кроссинговера зависит от силы сцепления между генами и соответствует проценту рекомбинантных особей от общего числа потомков, полученных при скрещивании

# Кроссинговер

- Единица расстояния между генами названа морганидой (в честь Т.Моргана)
- Процент кроссинговера между генами вычисляют по формуле

$$X = (a + b) \times 100 / n \quad (1)$$

где  $X$  – процент кроссинговера,

$a$  – число кроссоверных особей одного класса,

$b$  – число кроссоверных особей другого класса,

$n$  – общее число особей

# Кроссинговер

- Величина кроссинговера не превышает 50%, если она выше, то наблюдается свободное комбинирование (независимое наследование)
- Согласно хромосомной теории наследственности, гены в хромосоме располагаются линейно

# Генетическая карта хромосомы

- Схематическое изображение относительного положения генов, входящих в одну группу сцепления называется генетической картой хромосомы
- О положении гена в группе сцепления судят по проценту кроссинговера (количеству кроссоверных особей): чем больше процент кроссинговера или количество кроссоверных особей, тем дальше будут расположены анализирующие гены

# Особенности решения задач

- Задачи на сцепленное наследование решаются аналогично задачам на моно- и дигибридное скрещивание.
- Наследование генов локализованных в одной хромосоме не подчиняется законам Менделя
- При полном сцеплении особь, гетерозиготная по всем рассматриваемым признакам образует два типа гамет

# Особенности решения задач

- При неполном сцеплении происходит образование кроссоверных и некроссоверных гамет
- Количество некроссоверных гамет всегда больше, чем кроссоверных;
- Процентное соотношение кроссоверных и некроссоверных гамет зависит от расстояния между генами

# Особенности решения задач

- Если известно расстояние между генами (в процентах кроссинговера или морганидах), то количество кроссоверных гамет определенного типа можно вычислить по формуле

$$П = \% \text{ кроссинговера} / 2, (2)$$

где П – количество кроссоверных гамет определенного типа;

- Если известно количество кроссоверных особей, то процент кроссинговера между генами вычисляют по формуле (1)