

# Взаимодействие генов: как наследственн ость работает как система

Гены работают вместе, а не поодиночке: разберём,  
как формируется признак.



# Почему признак редко зависит от одного гена

- Менделевские закономерности важны, но в реальных организмах фенотип обычно складывается из работы нескольких генов, белков и ферментов, а также зависит от условий среды.



# 3

основные варианты взаимодействия аллелей  
изучают в школьной генетике.

Они объясняют, почему один и тот же ген может проявляться  
по-разному у гетерозигот.

*Школьный курс общей биологии*

# Основные типы наследования признаков

| Тип                    | Основа                | Пример        |
|------------------------|-----------------------|---------------|
| Полное доминирование   | маскировка            | горох Менделя |
| Неполное доминирование | промежуточный фенотип | львиный зев   |
| Кодоминирование        | оба аллеля видны      | группа АВ     |

- Сравнение показывает, как взаимодействие аллелей меняет фенотип у потомков.  
  
Один и тот же генетический локус может давать разные фенотипические результаты в зависимости от характера взаимодействия аллелей.
- Школьный курс общей биологии

# Неполное доминирование и кодоминирование на примерах



## Промежуточная окраска

Когда красный и белый варианты дают розовый цвет, ни один аллель не подавляет другой полностью. Гетерозигота выглядит как «смешанный» вариант, и это удобно показать на схеме скрещивания.



## Два признака сразу

В системе АВО антигены А и В проявляются одновременно, если в генотипе присутствуют соответствующие аллели. На иллюстрации это можно передать как совместное проявление двух цветовых меток в потомстве.

# Неаллельные гены и их взаимодействие

## — Разные локусы

Неаллельные гены расположены в разных участках хромосом и могут участвовать в одном признаке. Их эффект проявляется через совместную работу в клетке.

## — Комплементарность

Для признака нужны несколько доминантных генов, которые дополняют друг друга. Если хотя бы одно необходимое звено отсутствует, конечный результат не возникает.

## — Эпистаз

Один ген способен подавлять или изменять действие другого неаллельного гена. Поэтому фенотип может резко отклоняться от ожидаемого менделевского соотношения.

## — Полимерия и модификация

Несколько генов могут складывать эффекты, создавая плавную изменчивость признака. Модификаторы при этом усиливают, ослабляют или уточняют проявление основного гена.



# Как гены работают в биохимической цепи

Схема отражает поэтапное формирование признака через ферменты и промежуточные продукты.



# Комплементарность: признак появляется только при совместной работе генов

## 1 Суть взаимодействия

Признак возникает только тогда, когда в генотипе есть несколько доминантных генов, дополняющих друг друга. Каждый из них необходим, но по отдельности недостаточен.

## 2 Потеря одного звена

Если хотя бы один из нужных генов не представлен в доминантном состоянии, цепь биосинтеза нарушается. В результате окраска, форма или другой признак не формируются.

## 3 Классическое расщепление

Во втором поколении часто наблюдают соотношение 9:7. Оно показывает, что отсутствие любого из двух доминантных генов переводит потомство в одну и ту же фенотипическую группу.

## 4 Учебный пример

Окраска цветков душистого горошка хорошо демонстрирует комплементарность. На таком материале легко увидеть, что наследование зависит не от одного гена, а от их согласованной работы.

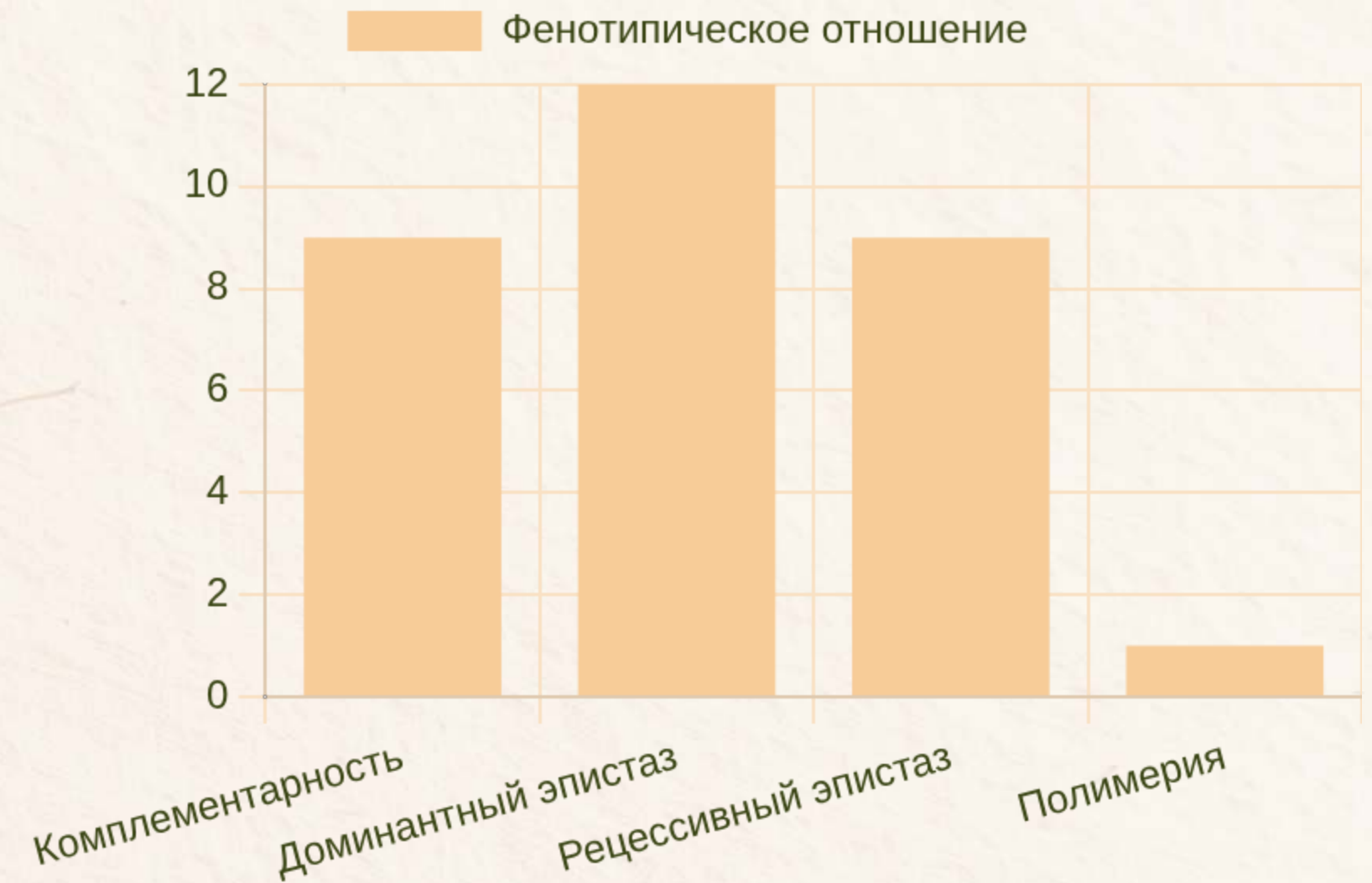


# Классические соотношения при неаллельном взаимодействии

Диаграмма помогает сопоставить типы взаимодействий, где одни дают дискретные классы, а другие — плавное распределение признака.

Чем сложнее взаимодействие генов, тем менее «менделевским» становится фенотипическое расщепление.

Школьный курс общей биологии



# 2

основные схемы эпистаза чаще всего изучают на примерах наследования окраски.

Эпистаз объясняет, почему один неаллельный ген может скрывать эффект другого и изменять ожидаемое расщепление.

*Школьный курс общей биологии*

# Полимерия и количественные признаки



Наследуется сразу  
несколько генов

Один признак определяется не одним, а группой генов, каждый из которых вносит небольшой вклад. Их эффекты складываются, поэтому проявление признака становится постепенным и непрерывным.



Фенотип меняется  
по нарастающей

Чем больше доминантных аллелей в генотипе, тем сильнее выражен признак. Это особенно заметно у количественных характеристик: роста, массы тела, окраски, урожайности и содержания пигмента.



Среда расширяет  
диапазон вариантов

Полимерия создает основу для широкого разброса значений, а условия жизни усиливают или ослабляют итоговый результат. Поэтому у потомков одного вида возможны плавные переходы между крайними фенотипами.

# Полигенный характер количественных признаков

На графике видно, что крайние варианты встречаются редко, а основная масса особей сосредоточена вокруг среднего значения.

Такое распределение типично для признаков, зависящих от многих генов и условий среды; именно поэтому они изменяются плавно.

Условная схема по материалам школьного курса общей биологии



# Как среда меняет проявление генов



Гортензия меняет оттенок  
в зависимости от почвы

Один и тот же вид может выглядеть по-разному даже в одинаковых генетических условиях. У гортензии окраска соцветий связана с кислотностью почвы: среда влияет на доступность ионов, а значит, и на итоговый фенотип растения.



Температура определяет окраску  
шерсти у кролика

У гималайского кролика наследственность задаёт возможность окрашивания, но температура показывает, где именно появится тёмный пигмент. В более холодных участках тела цвет развивается сильнее, поэтому фенотип оказывается результатом совместного действия генов и среды.

# Гены, признаки и примеры взаимодействия

| Признак              | Тип               | Пример                   |
|----------------------|-------------------|--------------------------|
| Группа крови АВ      | кодоминирование   | антигены А и В           |
| Цветки горошка       | комплементарность | два доминантных гена     |
| Окраска шерсти мышей | эпистаз           | маскировка действия гена |
| Рост человека        | полимерия         | вклад многих генов       |

Сравнение показывает, что один и тот же биологический принцип в разных организмах приводит к разным фенотипическим результатам.

На практике взаимодействие генов может быть совместным, взаимодополняющим или подавляющим; поэтому сходные механизмы наследования приводят к разным признакам.

*Школьный курс общей биологии*

# Ключевые звенья регуляции экспрессии



## Регуляторные белки

Они связываются с ДНК и меняют активность гена, включая или блокируя его работу. Благодаря этому клетка использует один и тот же генетический материал по-разному.



## Сеть взаимодействий

Один ген часто влияет не только на собственный продукт, но и на работу нескольких других генов. Так формируются цепочки, от которых зависит развитие признака и его устойчивость.



## Сигналы среды

Сигнальные молекулы передают клетке информацию о температуре, питании и других условиях. В ответ изменяется активность генов, а значит, и выраженность фенотипа.



## Ткань и стадия развития

Один и тот же ген может работать в разных тканях и на разных этапах онтогенеза неодинаково. Поэтому итоговый признак определяется не только ДНК, но и контекстом её работы.

# От ДНК к признаку

Схема отражает последовательные этапы реализации генетической информации и точки, где возможно взаимодействие генов.



# Почему это важно для медицины

## Многофакторные болезни

Сахарный диабет 2 типа, гипертония и астма развиваются не по одной причине. На риск влияют сразу несколько генов и условия жизни, поэтому наследственная предрасположенность не означает неизбежного заболевания.

## Различия в индивидуальном риске

Знание генетических взаимодействий помогает объяснить, почему у людей с похожей наследственностью болезнь проявляется по-разному. Важны не только варианты генов, но и их сочетание, а также воздействие среды.

## Точнее оценка терапии

Фармакологический ответ тоже зависит от генетических особенностей. Понимание того, как работают связанные гены, помогает лучше прогнозировать эффективность лекарств и вероятность побочных реакций.

## Раннее выявление предрасположенности

Генетический анализ позволяет искать не один «болезненный ген», а целые комбинации факторов. Это делает профилактику более точной и помогает выбирать образ жизни с учётом реального риска.



# Как это используется в селекции и биотехнологии

## 1 Отбор по комплексу признаков

Селекционеры учитывают, что урожайность, устойчивость к болезням и качество плодов обычно определяются многими генами. Поэтому отбор ведут по совокупности признаков, а не по одному удобному показателю.

## 2 Комбинирование полезных аллелей

При скрещиваниях стараются объединить в одном генотипе нужные варианты генов. Это позволяет получать сорта и породы, у которых полезные свойства проявляются одновременно и в более выраженной форме.

## 3 Прогноз потомства

Генетический анализ помогает заранее оценить, какие сочетания признаков могут появиться у потомков. Благодаря этому можно точнее планировать селекционные программы и экономить время на отборе перспективных линий.

# Сравнение результатов разных генетических взаимодействий

Диаграмма использует условную шкалу сложности: от простого моногенного наследования к распределению, зависящему от многих генов и среды.

Чем больше генов участвует в формировании признака, тем менее дискретным становится фенотип и тем шире диапазон его значений.

Условная схема по школьному курсу общей биологии



# Наследование — это работа системы

Фенотип возникает из совместного действия аллелей, неаллельных генов и среды. Поэтому генетика объясняет не только передачу признаков, но и их сложность, разнообразие и практическое значение.