



Дигибридное скрещивание и третий закон Менделя

Как наследуются два признака сразу
и почему потомство распределяется
нечетко?



Как Мендель открыл закономерности наследования



Эксперименты Грегора Менделя на горохе показали: признаки могут передаваться потомству независимо, а не смешиваться. Именно сопоставление нескольких пар альтернативных признаков привело к формулировке третьего закона наследственности, ставшего основой классической генетики.



Понятие дигибридного скрещивания



Два признака сразу

Дигибридное скрещивание рассматривает наследование двух пар альтернативных признаков в одном опыте, что позволяет увидеть, как сочетания аллелей влияют на разнообразие потомства.



Классический пример

В школьной генетике чаще всего используют горох: отдельно анализируют форму семян и их окраску, потому что эти признаки легко различать и удобно сравнивать.



Обозначение аллелей

Для записи таких скрещиваний применяют две пары букв, например A/a и B/b. Это помогает отслеживать, какие варианты аллелей получает организм от каждого родителя.



Что изучают в потомстве

Главная задача — определить не только отдельные признаки, но и их сочетания у потомков. Так выявляют закономерности независимого распределения наследственного материала.

Генетическая основа двух признаков



01

Аллельные пары

Каждый признак контролируется парой аллелей, полученных от родителей. Именно их сочетание определяет, какой вариант признака проявится в организме.

02

Доминирование и рецессивность

Доминантный аллель проявляется уже в гетерозиготе, а рецессивный — только тогда, когда оба аллеля в паре рецессивны. Это различие важно для предсказания фенотипа.

03

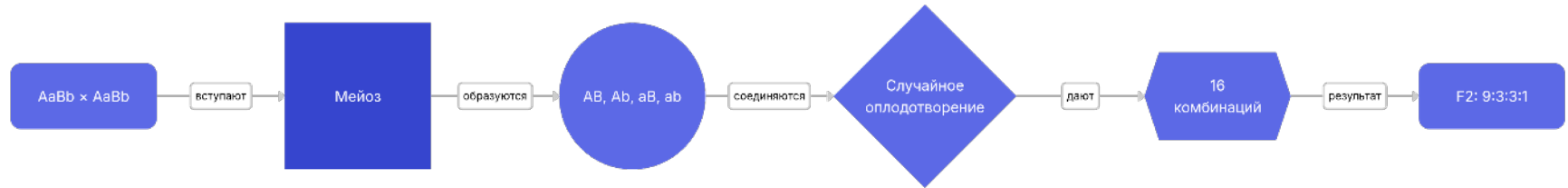
Генотип и фенотип

Запись $AaBb$ означает, что организм гетерозиготен по двум генам и способен дать несколько типов гамет. Генотип описывает наследственную основу, а фенотип — наблюдаемые признаки.



Как возникает расщепление при независимом наследовании

Схема показывает путь от дигетерозиготных родителей к фенотипическому соотношению в потомстве.



Типы гамет и их доли у дигетерозиготы



Гамета	Доля
AB	25%
Ab	25%
aB	25%
ab	25%

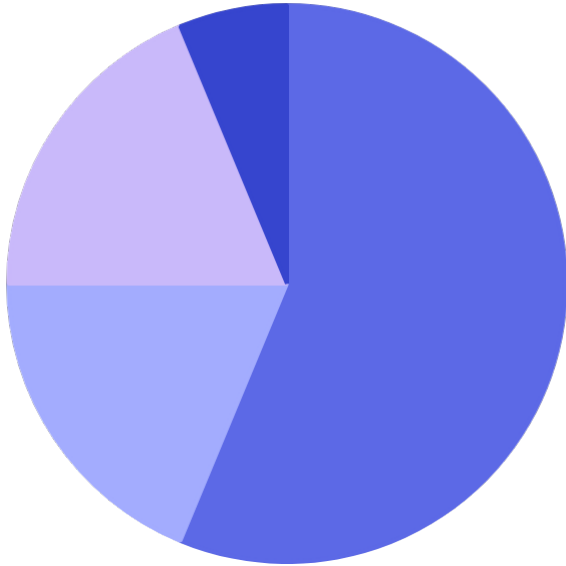
Менделевская генетика, школьный курс цитологии

Генотип AaBb образует четыре типа гамет в равных долях. Это отражает независимое расхождение аллелей в мейозе и помогает быстро проверить число возможных комбинаций.

У дигетерозиготы число типов гамет равно 2^2 , а их равные доли подтверждают независимое распределение аллелей.

Фенотипическое расщепление в F2

Оба доминантных Первый доминантный
Второй доминантный Оба рецессивных



Соотношение долей показывает, что наиболее часто встречаются особи с двумя доминантными признаками, а наиболее редко — с двумя рецессивными.

Распределение 9:3:3:1 соответствует независимому наследованию двух пар аллелей и случайному сочетанию гамет.

Классический анализ дигибридного скрещивания $AaBb \times AaBb$



Фенотип может совпадать у разных генотипов, поэтому наследственная картина по внешним признакам оказывается менее подробной, чем по генетическим сочетаниям. ↗



16

генотипических комбинаций
формируется в потомстве

Классический анализ дигибридного скрещивания $AaBb \times AaBb$

Решётка Пеннета как инструмент анализа



Принцип построения

По горизонтали и вертикали записывают гаметы двух родителей, а на пересечении клеток получают конкретные генотипы потомства. Таблица делает расчёт наглядным и проверяемым.

Размер для дигибридного случая

При скрещивании по двум признакам используют квадрат 4×4 . В нём 16 ячеек, каждая из которых соответствует одной возможной комбинации гамет.

Практическая польза

Решётка Пеннета помогает быстро увидеть происхождение 16 генотипов и четырёх фенотипических классов, а также избежать ошибок при подсчёте потомства.

Условия действия третьего закона Менделя



Независимое наследование и сцепление генов: сравнение



Признак	Независимое	Сцепление
Гены	разные хромосомы	одна хромосома
Гаметы	4 типа	меньше 4
F2	9:3:3:1	отклонение

Сравнение показывает, как расположение генов влияет на характер наследования и распределение фенотипов в потомстве.

Если гены расходятся независимо, возможны все сочетания аллелей; при сцеплении часть сочетаний встречается чаще, чем ожидается по классической модели.

Школьный курс генетики; основы цитологии мейоза



Классический пример на горохе



Выбор объекта

Мендель работал с горохом посевным, потому что у него были чёткие альтернативные признаки и удобные условия для контролируемых скрещиваний, что делало результаты особенно надёжными.



Два признака

В опытах сочетались форма семян и их окраска. Одновременный анализ двух пар признаков позволил увидеть, что каждый из них наследуется по собственной закономерности.



Поклоение F2

Во втором поколении появились четыре фенотипические группы. Их соотношение не сводилось к простому смешению родительских признаков и указало на независимое расхождение аллелей.



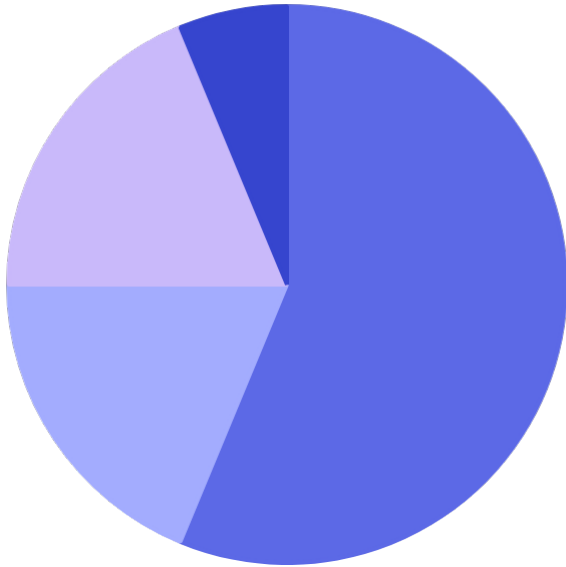
Научный вывод

Именно эти результаты стали одним из главных доказательств третьего закона Менделя и основой для дальнейшего развития классической генетики, селекции и анализа наследственности.



Вероятности фенотипов в потомстве

Оба доминантных Первый доминантный
Второй доминантный Оба рецессивных



Соотношение отражает не только фенотипы, но и вероятностную природу объединения гамет при случайном оплодотворении.

Наиболее вероятно появление потомства с двумя доминантными признаками; двойной рецессивный вариант встречается реже всего.

Модель дигибридного скрещивания $AaBb \times AaBb$; школьная генетика



Математическая логика закона независимого наследования



01 Отдельный расчёт

Для каждого гена вероятность попадания аллеля в гамету определяется независимо. Поэтому сначала рассматривают один признак, а затем переходят ко второму, не смешивая их расчёты.

02 Правило умножения

Если события независимы, вероятности сочетаются произведением. Именно поэтому итоговые доли потомства получают как результат перемножения частных вероятностей для двух пар аллелей.

03 Два моногибридных соотношения

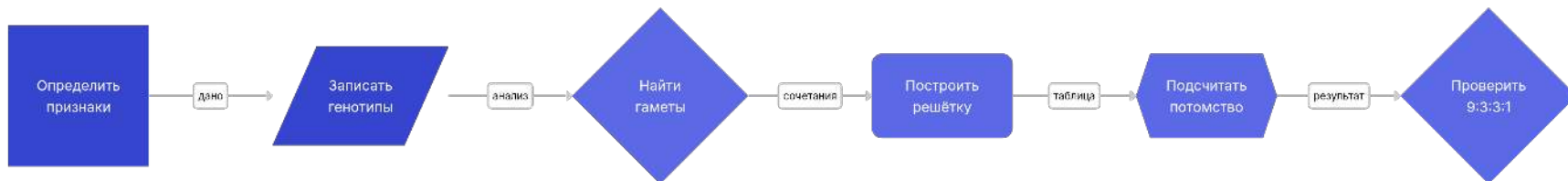
Каждый признак при гетерозиготном скрещивании даёт расщепление 3:1. Их совместный анализ приводит к произведению $(3:1) \times (3:1)$, то есть к соотношению 9:3:3:1.

04 Предсказуемый результат

Вероятностная модель делает задачу вычислимой: зная генотипы родителей, можно заранее оценить долю каждого фенотипа и проверить, соответствует ли опыт закону независимого наследования.

Алгоритм решения задач на дигибридное скрещивание

Последовательность анализа помогает не пропустить условия независимого наследования и корректно получить ожидаемые классы потомства.



Значение третьего закона Менделя для современной биологии



Генетический прогноз

Закон позволяет рассчитывать вероятные сочетания признаков у потомства и заранее оценивать долю нужных фенотипов. Это особенно важно при анализе наследования нескольких признаков одновременно.



Селекционная практика

В селекции растений и животных третий закон используют при подборе родительских форм с заранее известными признаками. Он помогает планировать скрещивания и отбирать перспективные комбинации.



База для обучения и анализа

Для школьной и прикладной биологии закон служит опорой при изучении комбинативной изменчивости, вероятностных моделей и условий, при которых классическая схема наследования сохраняется.

Термины, необходимые для темы



Термин

Кратко

Ген

участок ДНК

Аллели

формы гена

Гетерозигота

разные аллели

Фенотип

внешние признаки

Базовые понятия молекулярной и классической генетики

Ключевые понятия помогают точно читать схемы скрещивания и не путать наследственные признаки с их внешним проявлением.

Точная терминология необходима для правильной записи генотипов, интерпретации фенотипов и решения задач на дигибридное скрещивание.

Типичные ошибки при анализе дигибридных скрещиваний



01

Путаница понятий

Одинаковый внешний признак не означает одинаковый генотип. Чтобы избежать ошибки, нужно различать фенотип, который наблюдают, и генотип, который определяет возможные варианты наследования.

02

Неверные гаметы

У дигетерозиготы образуются четыре типа гамет, а не два. Если упустить это, решётка Пеннета будет заполнена неверно, и итоговое расщепление окажется ошибочным.

03

Автоматическое применение 9:3:3:1

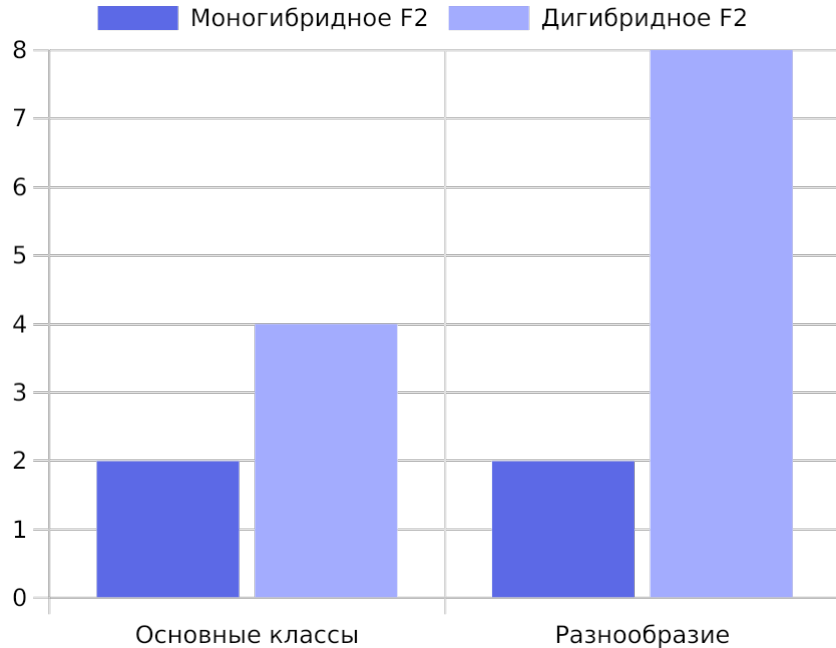
Это соотношение нельзя использовать без проверки условий независимого наследования. Если гены сцеплены или нарушено равновероятное образование гамет, классическая схема не работает.

04

Ошибки записи

Неправильный порядок аллелей и игнорирование сцепления часто приводят к неверным выводам. Аккуратная запись генотипов и проверка исходных условий экономят время и предотвращают ошибки.

От моногибридного к дигибридному скрещиванию



Переход от одного признака к двум резко увеличивает число возможных сочетаний аллелей, а значит, и разнообразие потомства.

Чем больше анализируемых признаков, тем выше комбинативное разнообразие и тем шире спектр наследственных комбинаций у потомков.

Сравнение моделей моногибридного и дигибридного скрещивания; школьная генетика



Третий закон Менделя в действии



Дигибридное скрещивание показывает, как независимое расхождение хромосом создаёт разнообразие потомства и делает наследование двух признаков предсказуемым, если соблюдены условия классической менделевской модели.

