

Дигибридное скрещивание и закон независимого наследования признаков

Два признака, один закон: как Мендель объяснил наследование.





Мендель выбрал горох посевной, потому что его признаки легко различимы, а потомство удобно проследить по поколениям. Изучение двух признаков одновременно позволило увидеть независимость их наследования при отсутствии сцепления.

Горох, который изменил генетику

Основные генетические термины



Аллель

Аллель — это одна из возможных форм гена. Именно разные аллели определяют альтернативные варианты признака, например доминантный и рецессивный.



Генотип

Генотип — это совокупность всех аллелей организма. В задачах по дигибридному скрещиванию его часто записывают как $AaBb$, если особь гетерозиготна по двум генам.



Фенотип

Фенотип — это совокупность проявляющихся признаков организма. Он зависит не только от генотипа, но и от того, какие аллели оказываются доминантными.



Гетерозигота

Гетерозигота имеет разные аллели одного гена, например Aa или Bb . При полном доминировании в её фенотипе проявляется доминантный вариант признака.

Схема родительского скрещивания и F1

Родительские формы

В классической задаче исходные организмы часто записывают как AABV и aabb. Такая запись сразу показывает, что каждая особь несёт противоположные сочетания двух признаков.

Потомство первого поколения

После скрещивания все гибриды F1 получают генотип AaBb. При полном доминировании они одинаковы по фенотипу, хотя несут разные аллели обоих генов.

Что важно увидеть

Схема хромосом помогает понять, как аллели A/a и B/b переходят в гаметы. Именно это делает F1 дигетерозиготами и подготавливает появление расщепления во втором поколении.



Классическая схема дигибридного анализа Менделя

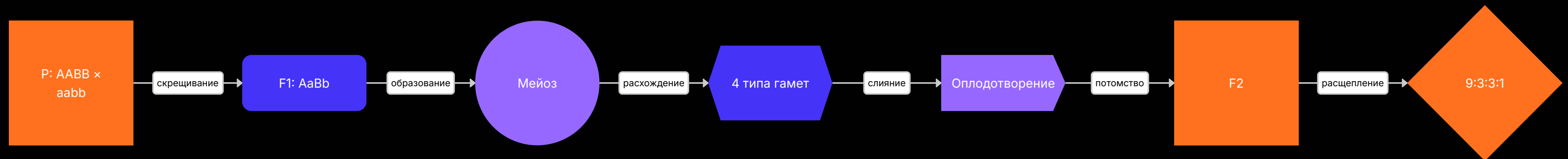
4

Это ключ к объяснению разнообразия потомства: каждая гамета несёт лишь одну комбинацию аллелей двух генов.

типа гамет образует организм AaBb при независимом расхождении аллелей.

Последовательность дигибридного скрещивания

Схема отражает ход классического опыта при полном доминировании и отсутствии сцепления генов.



Фенотипическое расщепление в F2

Классическая модель дигибридного скрещивания Менделя

Диаграмма показывает, что большинство потомков несёт оба доминантных признака, а двойной рецессивный фенотип встречается реже всего.

Соотношение 9:3:3:1 указывает на независимое наследование двух генов без сцепления.

Генотипы и фенотипы потомства F2

Таблица Пеннета показывает, как из 16 комбинаций генотипов формируются четыре фенотипические группы при полном доминировании.

Один фенотип может соответствовать нескольким генотипам, поэтому фенотипическое и генотипическое расщепление не совпадают.

Фенотип	Число
A_B_	9
A_bb	3
aaB_	3
aabb	1

Классическая схема AaBb × AaBb

Вероятности при независимом наследовании

Правило умножения

Вероятность сочетания двух независимых событий равна произведению их вероятностей. Поэтому расчёт для дигибридного скрещивания можно вести по каждому гену отдельно.

Оба доминантных признака

Если вероятность доминантного проявления по каждому гену равна $\frac{3}{4}$, то для двух признаков вместе получаем $\frac{9}{16}$. Это соответствует наибольшей группе потомства.

Оба рецессивных признака

Когда по обоим генам требуется рецессивный фенотип, вероятности перемножаются как $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{4}$. Так быстро проверяют правильность решётки Пеннета и итоговых долей.

Теоретические и наблюдаемые результаты

Сравнение теории и опыта помогает увидеть, насколько близко реальные данные подходят к ожидаемому расщеплению 9:3:3:1.

Небольшие отклонения в опыте объясняются случайностью и ограниченным числом потомков; общая закономерность при этом сохраняется.

Группа	Теория
A_B_	9/16
A_bb	3/16
aaB_	3/16
aabb	1/16

Теоретическая модель дигибридного скрещивания

Закон независимого наследования признаков

01

Самостоятельное расхождение

При образовании гамет аллели разных генов расходятся независимо друг от друга, если соответствующие гены находятся в разных хромосомах или достаточно далеко расположены в одной хромосоме.

02

Новые сочетания

Из-за независимого распределения в потомстве появляются комбинации признаков, которых не было у родителей. Именно это делает наследование более вариативным и усложняет предсказание фенотипа без расчёта.

03

Значение для генетики

Закон Менделя показывает, что признаки наследуются не как единый набор, а по отдельности. Это стало важнейшим основанием классической генетики и анализа наследственной изменчивости.

Ограничения закона и сцепление генов

Гены рядом в хромосоме

Если два гена расположены близко друг к другу, они чаще переходят в гаметы вместе и ведут себя как сцепленная группа.

Отклонение от 9:3:3:1

При сцеплении распределение потомков меняется: одни комбинации признаков встречаются чаще ожидаемого, а другие — заметно реже.

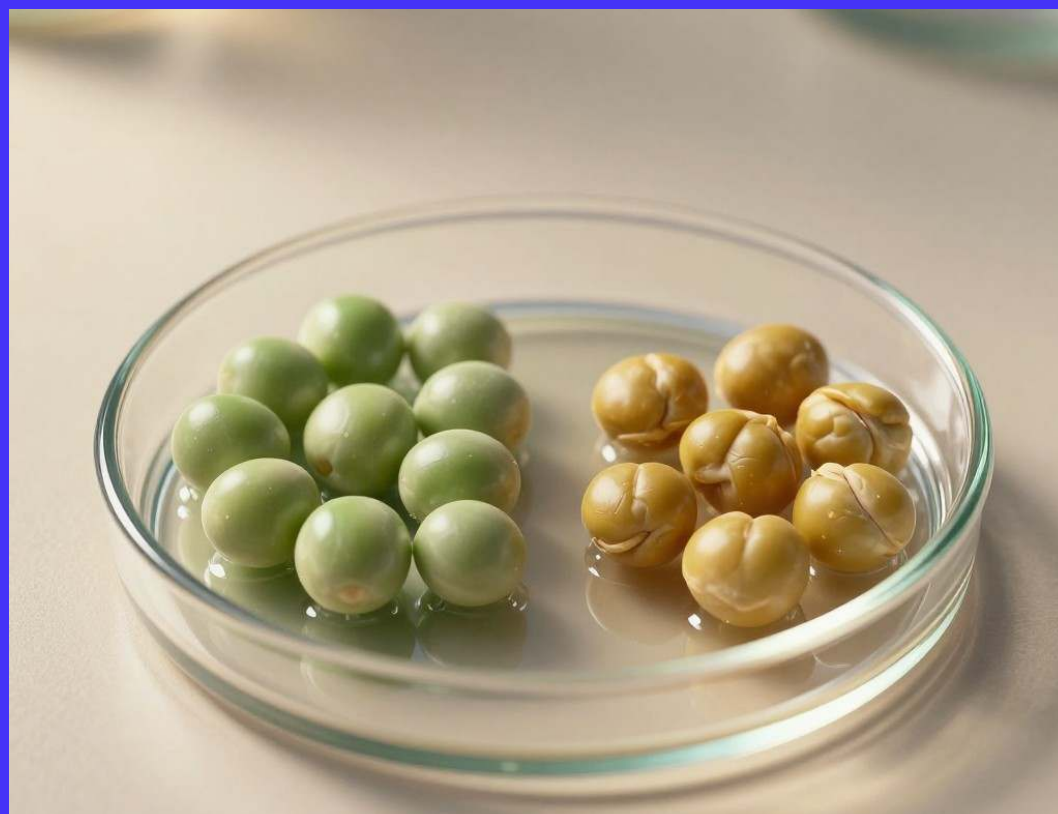
Кроссинговер

В мейозе обмен участками между гомологичными хромосомами может разорвать сцепление и создать новые сочетания аллелей, хотя при близком расположении генов эффект остаётся ограниченным.

Классический пример на горохе

Два признака — один опыт

Мендель наблюдал у гороха форму семян и их окраску, потому что эти признаки легко различить невооружённым глазом. Скрещивание позволило увидеть, как две пары наследственных факторов распределяются независимо и дают четыре фенотипические группы потомства.



Потомство первого поколения

В первом поколении гибриды выглядели одинаково, если доминантные признаки полностью подавляли рецессивные.

На схеме это удобно показать как единый внешний результат, скрывающий разные сочетания аллелей внутри генотипа AaBb.



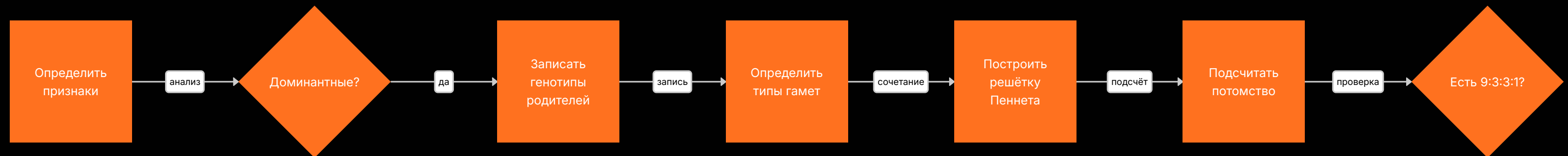
Четыре группы во втором поколении

Во втором поколении появляются потомки с двумя доминантными признаками, с одним доминантным и одним рецессивным, а также двойные рецессивы. Именно такое распределение делает горох наглядным примером соотношения 9:3:3:1.



Алгоритм решения задач на дигибридное скрещивание

Последовательность действий для анализа наследования двух признаков и проверки независимого распределения аллелей.



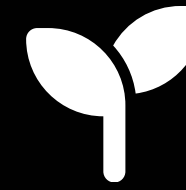
Рост числа типов гамет
при увеличении числа
гетерозиготных пар

Классическая генетическая модель; расчёт
по правилу 2^n

Каждая дополнительная гетерозиготная пара удваивает число возможных гамет, поэтому даже небольшое увеличение числа признаков резко усложняет задачу.

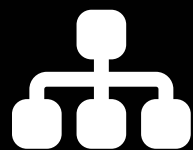
Рост идёт по степеням двойки: 2, 4, 8, 16. Это объясняет, почему при многопризнаковом анализе комбинаторика быстро становится очень сложной.

Роль мейоза в наследовании признаков



Источник разнообразия

Именно мейоз обеспечивает комбинативную изменчивость потомства. Чем больше возможных сочетаний хромосом, тем выше наследственное разнообразие в популяции и тем шире материал для отбора.



Распределение хромосом

В мейозе I гомологичные хромосомы расходятся по разным клеткам, и каждая гамета получает только один набор аллелей. Это создаёт основу для независимого наследования признаков.



Случайная ориентация

На метафазе I пары хромосом выстраиваются на экваторе клетки случайным образом. Из-за этого комбинации материнских и отцовских аллелей в гаметах каждый раз оказываются различными.

Моногибридное и дигибридное скрещивание

Сравнение показывает, как усложняется анализ при переходе от одного признака к двум.

Добавление второй пары признаков увеличивает число комбинаций вдвое по каждой гетерозиготной паре и резко расширяет варианты потомства.

Параметр	Моногибридное	Дигибридное
Признаки	1	2
Гаметы	2	4
Фенотип	3:1	9:3:3:1
Расчёт	проще	сложнее

Классические законы Менделя

Биологическое значение закона

Новые сочетания признаков

Закон объясняет появление у потомков комбинаций, которых не было у родителей. Это особенно важно для понимания того, как наследственные признаки перемешиваются в поколениях.

Комбинативная изменчивость

Независимое наследование является одним из главных источников комбинативной изменчивости. Оно увеличивает разнообразие особей внутри популяции и создаёт материал для естественного отбора.

Практика селекции

В селекции закон используют для расчёта ожидаемых сочетаний полезных признаков при скрещивании растений и животных. Это помогает заранее оценить перспективность конкретных родительских форм.

Итоговое распределение признаков в потомстве

Диаграмма наглядно показывает, что две доминантные характеристики встречаются чаще всего, а двойной рецессивный вариант оказывается самым редким.

Соотношение 9:3:3:1 подтверждает независимое наследование двух пар признаков при полном доминировании и отсутствии сцепления генов.

Классическая схема дигибридного скрещивания Менделя



Дигибридное скрещивание показывает, как две пары признаков наследуются одновременно и почему в потомстве возникает соотношение 9:3:3:1. Закон работает при отсутствии сцепления и помогает понимать наследственное разнообразие.

Что важно запомнить
о дигибридном скрещивании