



# Законы Менделя как основа классической генетики

Наследование подчиняется строгим  
закономерностям.

# Как Мендель открыл законы наследования



В опытах с горохом Мендель показал, что признаки передаются не случайно, а по устойчивым количественным соотношениям. Его работа изменила представления о наследственности и стала фундаментом классической генетики, хотя признание пришло значительно позже.



# Основные генетические понятия, необходимые для понимания законов

## Ген

Ген — участок ДНК, который определяет развитие признака или направляет синтез определённого продукта. Именно гены несут наследственную информацию и задают основу различий между организмами.

## Аллели

Аллели — это разные варианты одного и того же гена. Они могут по-разному влиять на признак, поэтому в скрещиваниях важно учитывать, какие именно аллели получил организм.

## Генотип и фенотип

Генотип — совокупность всех аллелей организма, а фенотип — набор реально проявляющихся признаков. Один и тот же генотип может давать внешний эффект только в определённых условиях.



## Доминантность

Доминантный аллель проявляется уже в гетерозиготе, а рецессивный заметен только в гомозиготе. Это объясняет, почему некоторые признаки скрываются в первом поколении гибридов.



## Гомозигота и гетерозигота

Гомозигота содержит одинаковые аллели одного гена, а гетерозигота — разные. Эти состояния лежат в основе записи скрещиваний и позволяют предсказывать типы потомства.



# Горох посевной как удобный объект для генетических опытов



## Удобный цикл

Горох посевной быстро проходит жизненный цикл, поэтому результаты скрещиваний можно наблюдать за сравнительно короткое время. Это делало его особенно удобным для многолетних опытов Менделя.

## Контроль опыления

Растение способно к самоопылению, но при необходимости легко использовать искусственное перекрёстное опыление. Это позволяло точно задавать родительские формы и контролировать каждое скрещивание.

## Чёткие альтернативы

Мендель выбирал признаки с резко различимыми вариантами: жёлтые и зелёные семена, гладкие и морщинистые семена, фиолетовые и белые цветки, высокий и карликовый стебель.

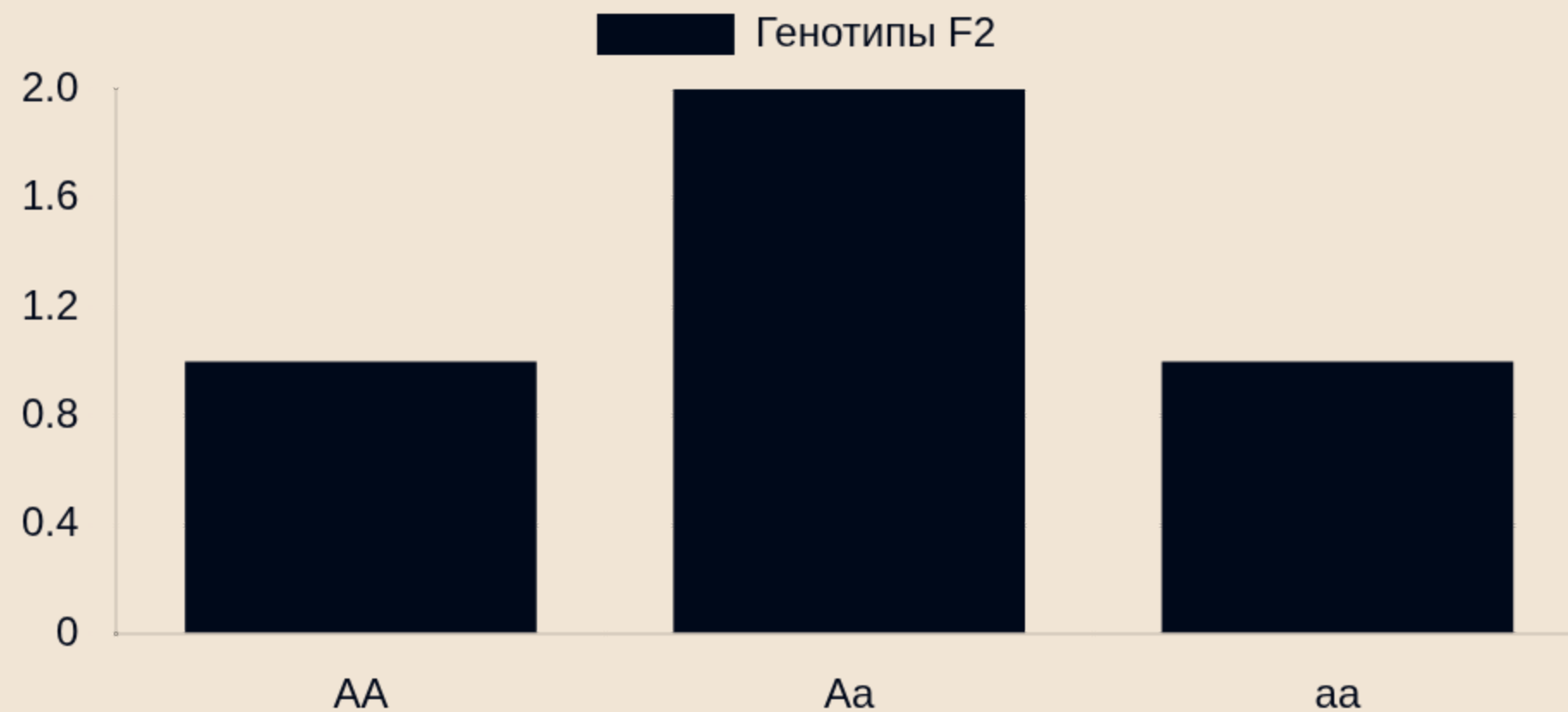
## Много потомков

Каждое скрещивание давало достаточно большое число потомков, чтобы сравнивать доли признаков и видеть закономерности. Благодаря этому выводы можно было проверять на статистически надёжном материале.

# Моногибридное скрещивание: от родителей к потомству F2

Схема показывает последовательность скрещиваний и появление генотипического и фенотипического расщепления.

# Расщепление признаков во втором поколении



Соотношение генотипов в F2 отражает расхождение аллелей при образовании гамет и их случайное соединение при оплодотворении.

Рецессивный аллель не исчезает в F1: он вновь проявляется в F2, создавая классическое расщепление 1:2:1.



Обобщение результатов моногибридных скрещиваний Г. Менделя

# Первый закон Менделя — закон единообразия гибридов F1

## 1. Два гомозиготных родителя

Если скрещиваются две чистые линии, различающиеся по одной паре альтернативных признаков, все потомки первого поколения получают одинаковый набор аллелей для этого гена.

## 2. Единый фенотип

При полном доминировании в F1 проявляется только доминантный признак. Поэтому гибриды первого поколения выглядят одинаково, хотя их генотип уже содержит оба наследственных варианта.

## 3. Скрытый рецессивный аллель

Рецессивный аллель не исчезает и не теряется: он сохраняется в генотипе гибрида. Это важно, потому что наследственный фактор может не проявляться внешне в первом поколении.

## 4. Значение закона

Закон единообразия показывает, что внешнее сходство потомков не означает одинаковость наследственного материала. Именно поэтому для анализа наследования необходимо учитывать генотип, а не только фенотип.

# Классические результаты моногибридных скрещиваний

| Признак               | F1           | F2  |
|-----------------------|--------------|-----|
| Жёлтые × зелёные      | Единообразие | 3:1 |
| Гладкие × морщинистые | Единообразие | 3:1 |
| Высокие × карликовые  | Единообразие | 3:1 |

Таблица показывает типичные итоги опытов при полном доминировании и помогает сопоставить несколько классических признаков гороха.

Для разных признаков при полном доминировании повторяется один и тот же результат: единообразие F1 и расщепление 3:1 во F2.

Классические опыты Г. Менделя на горохе посевном

# Второй закон Менделя — закон расщепления признаков

## Образование гамет

При формировании гамет аллели одной пары расходятся, и каждая гамета получает только один из них. Именно это создаёт разные комбинации при дальнейшем оплодотворении.

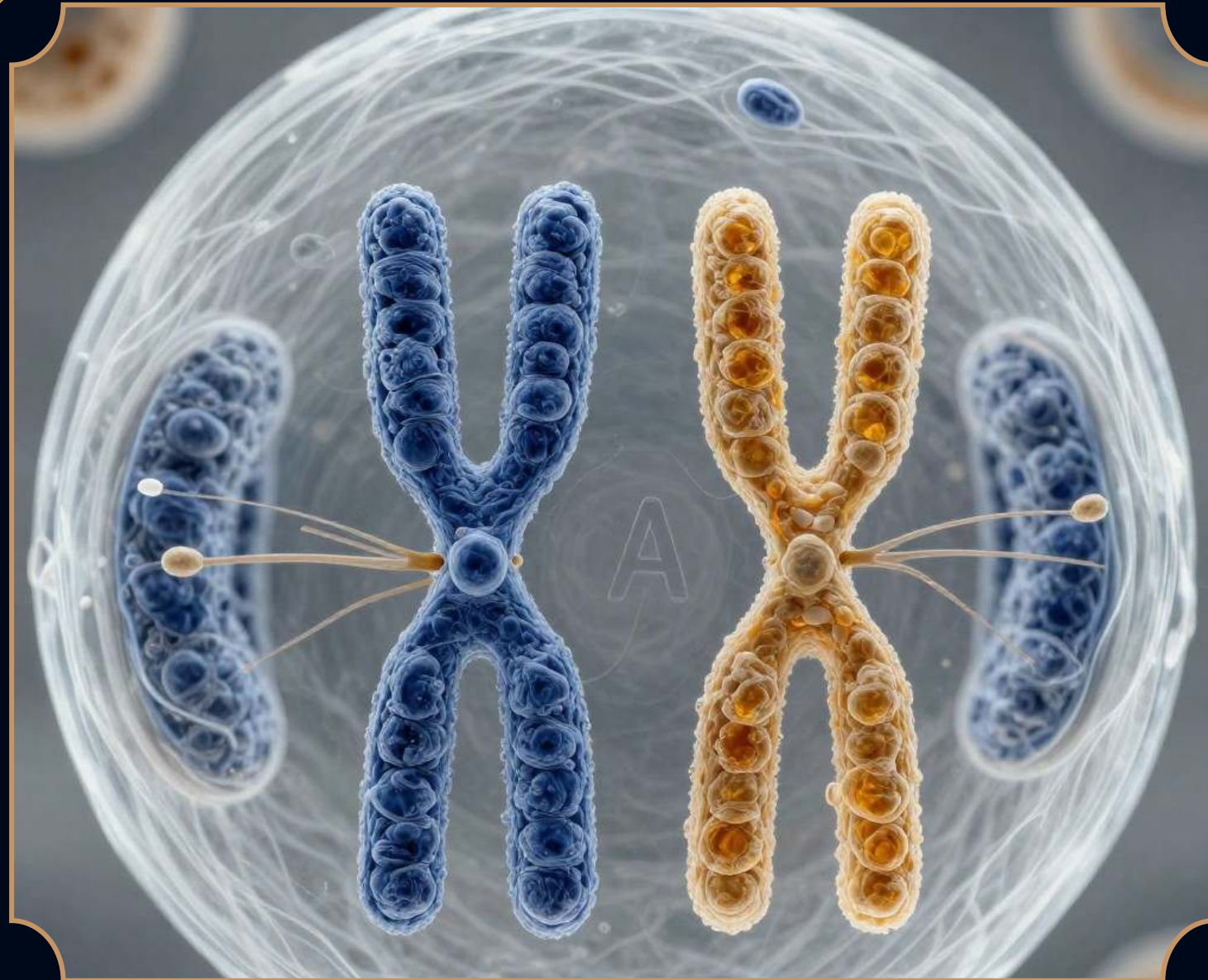
## Гибрид F1

Гибриды первого поколения имеют одинаковый фенотип, но несут по два аллеля изучаемого гена. Это скрытое сочетание становится основой последующего расщепления.

## Потомство F2

При случайном соединении гамет во втором поколении возникает генотипическое соотношение 1:2:1 и, при полном доминировании, фенотипическое расщепление 3:1.

# Мейоз как клеточная основа расхождения аллелей



## Расхождение хромосом



01



В мейозе I гомологичные хромосомы расходятся к разным полюсам клетки, поэтому каждая будущая гамета получает только одну хромосому из пары и, следовательно, только один аллель.

## Гаплоидный набор



02



После завершения мейоза формируются гаплоидные клетки, которые содержат уменьшенный вдвое набор хромосом. Это обеспечивает сохранение постоянного числа хромосом у вида после оплодотворения.

## Связь с законами Менделя



03



Поведение хромосом в мейозе объясняет, почему аллели расходятся по гаметам закономерно. Менделевские соотношения оказываются следствием клеточных процессов, а не случайности.

# Проверка генотипа через анализирующее скрещивание

Схема показывает, как потомство от скрещивания с рецессивной гомозиготой помогает определить скрытый аллель у особи с доминантным фенотипом.

# Третий закон Менделя — закон независимого наследования

## 1. Сущность закона

Аллели разных генов расходятся в гаметы независимо друг от друга, если соответствующие гены не сцеплены. Поэтому каждая гамета получает случайную комбинацию наследственных факторов.

## 2. Условие применимости

Классическое независимое наследование наблюдается, когда гены расположены в разных хромосомах или достаточно далеко друг от друга в одной хромосоме, чтобы кроссинговер разрушал сцепление.

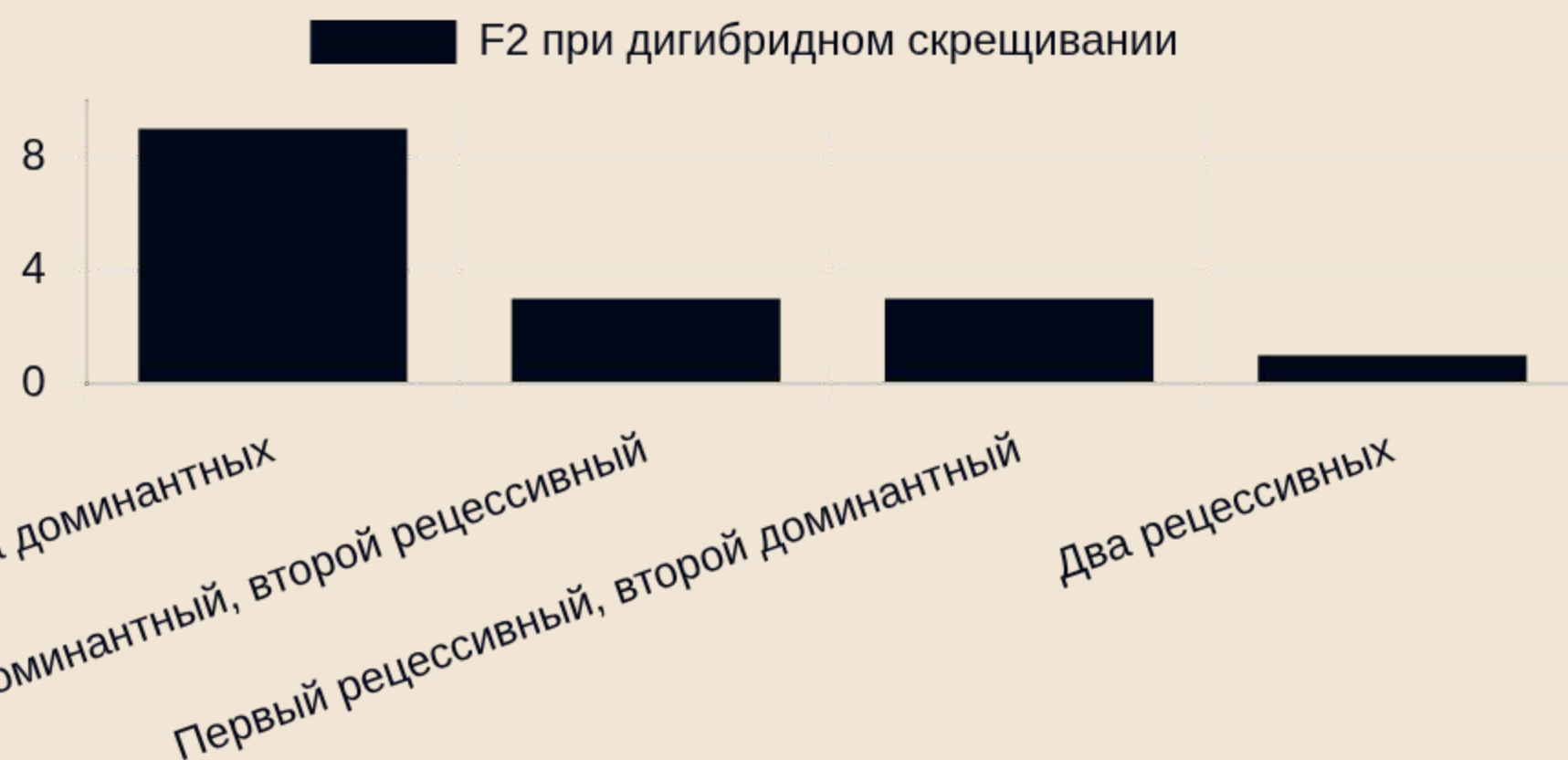
## 3. Дигибридное скрещивание

При скрещивании особей, различающихся по двум признакам, в F<sub>2</sub> формируются четыре фенотипические группы. При полном доминировании и отсутствии сцепления возникает соотношение 9:3:3:1.

## 4. Биологический смысл

Закон объясняет, почему признаки могут комбинироваться по-разному в потомстве и почему число возможных сочетаний возрастает при анализе нескольких генов одновременно.

# Дигибридное расщепление 9:3:3:1



Соотношение отражает независимое сочетание аллелей двух генов в гаметах и последующее случайное объединение их при оплодотворении.

Доминирующие комбинации встречаются чаще, но редкий двойной рецессивный вариант сохраняется, подтверждая вероятностный характер наследования.

Классическая схема дигибридного скрещивания по Менделю

# Условия, при которых работают законы Менделя

## Полное доминирование

Менделевские соотношения проще всего наблюдать тогда, когда один аллель полностью подавляет проявление другого, а фенотипы легко различимы без промежуточных вариантов.



## Жизнеспособное потомство

Летальные аллели изменяют число выживших особей и нарушают стандартные пропорции. Поэтому расчёты Менделя точнее там, где все генотипы одинаково жизнеспособны.

## Чёткие альтернативы

Для анализа нужны признаки с ясно выраженными вариантами, например жёлтые и зелёные семена. Размытые или количественные признаки затрудняют выделение классических соотношений.



## Половое размножение

Законы Менделя наиболее полно описывают организмы, у которых гаметы формируются через мейоз, а наследственные факторы передаются потомству при оплодотворении.

## Нет сцепления

Если гены находятся в разных хромосомах или далеко друг от друга, они комбинируются свободно. При тесном сцеплении ожидаемые пропорции заметно искажаются.



# Случаи отклонения от классического менделевского наследования



## Кодоминирование

Оба аллеля проявляются одновременно, не подавляя друг друга. В системе ABO это приводит к различимому сочетанию признаков, а не к простому доминированию одного варианта.



## Кроссинговер

Обмен участками между гомологичными хромосомами создаёт рекомбинантные комбинации аллелей. Чем дальше гены друг от друга, тем выше вероятность их разъединения.



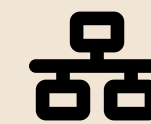
## Неполное доминирование

Гетерозигота имеет промежуточный фенотип, поэтому расщепление по внешнему виду отличается от классической схемы. Примером служат розовые цветки львиного зева при скрещивании красных и белых форм.



## Сцепление генов

Гены, расположенные рядом в одной хромосоме, часто наследуются вместе. Это уменьшает число новых сочетаний признаков и делает результат скрещивания отличным от независимого наследования.



## Сложные типы наследования

Полигенные признаки формируются многими генами, а митохондриальная наследственность передаётся по материнской линии. В этих случаях классические менделевские пропорции либо сильно сглажены, либо отсутствуют.

# Практическое применение законов Менделя

| Сфера       | Задача                   | Результат           |
|-------------|--------------------------|---------------------|
| Селекция    | Подбор родительских форм | Нужный признак      |
| Медицина    | Оценка риска             | Вероятность болезни |
| Ветеринария | Анализ признаков         | Прогноз потомства   |

Таблица показывает, где менделевские схемы помогают прогнозировать наследование и принимать практические решения.

Во всех трёх сферах важны предсказуемость наследования и умение работать с вероятностями, а не только с внешним сходством родителей и потомков.

Учебная генетика и практические области применения менделевских закономерностей

# Значение менделевской генетики для медицины и селекции



## Риск наследования



01



В медицине менделевские модели позволяют оценивать вероятность проявления моногенных заболеваний и определять носителей рецессивных аллелей, особенно при анализе семейных историй и родословных.

## Выбор в селекции



02



Селекционеры используют законы Менделя, чтобы заранее прогнозировать потомство, выбирать родительские пары и закреплять полезные признаки у растений и животных.

## Практическая точность

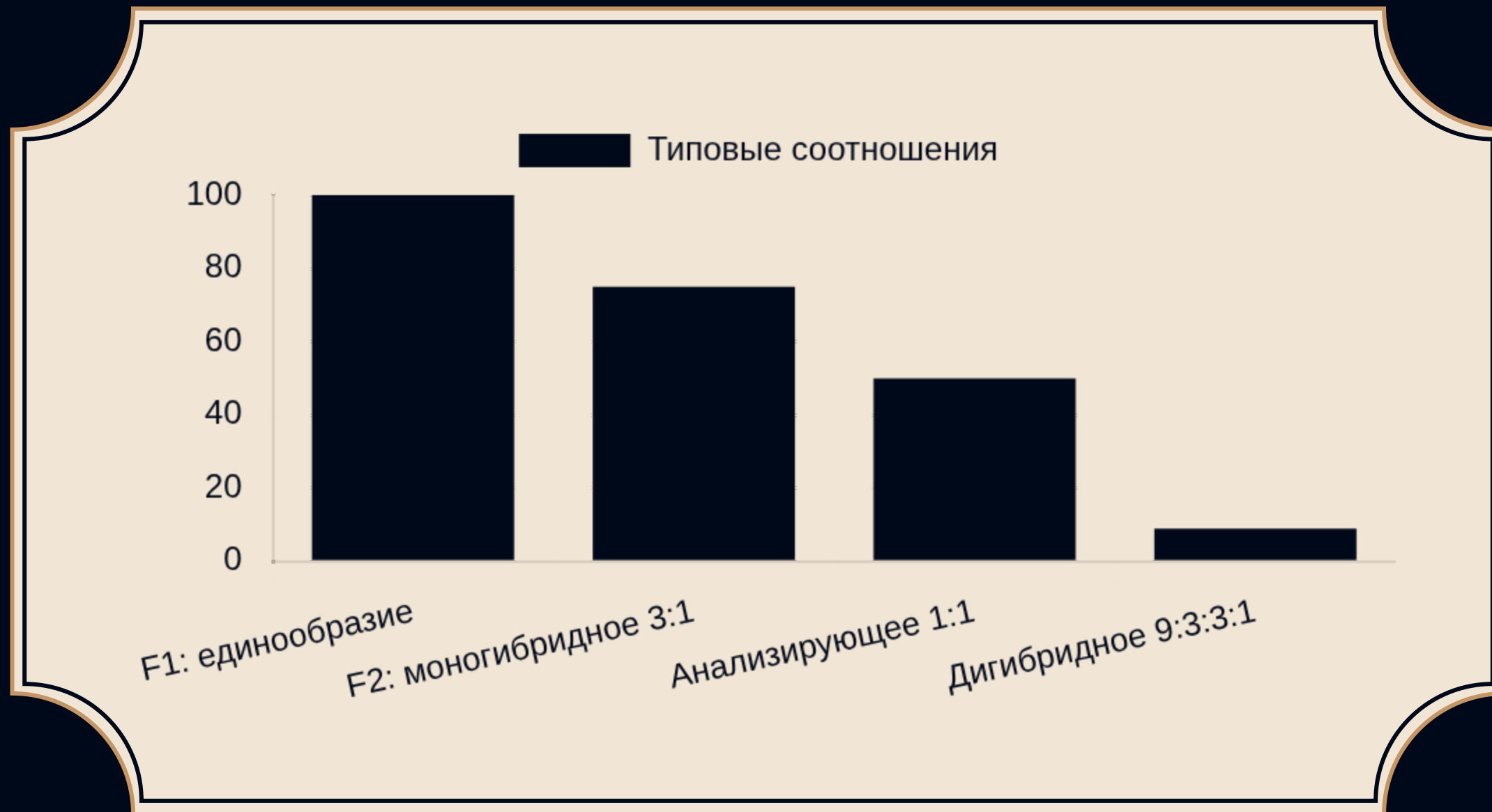


03



Чем лучше известен тип наследования, тем надёжнее прогноз. Поэтому менделевские схемы остаются базовым инструментом для диагностики, планирования скрещиваний и учебного анализа задач.

# Типовые соотношения потомства в генетических задачах



Сопоставление удобно для быстрого распознавания типа скрещивания по результатам потомства и проверки гипотез о генотипах родителей.

Разные задачи дают устойчивые и узнаваемые пропорции, поэтому таблица соотношений помогает быстро выбирать правильную модель наследования.

Классические менделевские схемы наследования



# Историческое значение работ Менделя



1900 год

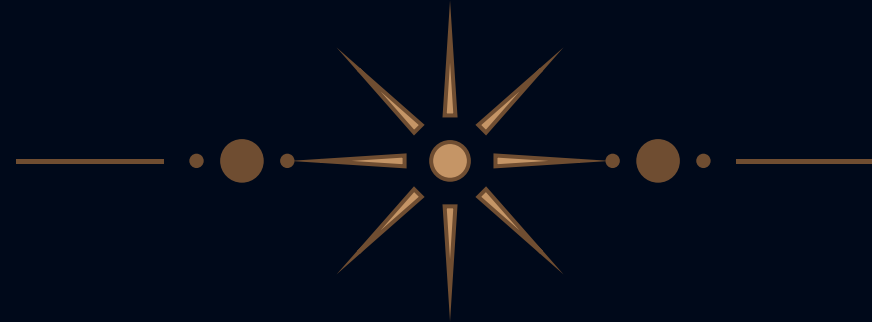
Труды Менделя были переоткрыты  
Хуго де Фризом, Карлом  
Корренсом и Эрихом Чермаком,  
после чего их значение стало  
общепризнанным.

1866 год

Мендель опубликовал результаты своих  
опытов о наследовании признаков  
у гороха, но работа не получила  
немедленного признания научного  
сообщества.

Начало генетики

Менделевские идеи о дискретных  
наследственных факторах стали  
основой генетики как самостоятельной  
науки и повлияли на развитие биологии  
XX века.



# Законы Менделя: основа предсказуемости наследования

Законы Менделя показывают, что наследование не хаотично: признаки передаются через гаметы, подчиняются вероятностным соотношениям и помогают точно анализировать потомство, заболевания и селекционные результаты.