

Наследование признаков при внутривидовой гибридизации. Моногибридное скрещивание

ЗАДАНИЕ 1. Ознакомьтесь с основными закономерностями наследования при моногибридном скрещивании

Основные закономерности наследования признаков были обоснованы Г. Менделем еще в 1865 г. Он разработал **метод гибридологического анализа наследования признаков** у гибридного потомства, полученного при внутривидовом скрещивании.

При использовании гибридологического анализа необходимо соблюдать следующие правила.

1. Формы, у которых требуется выяснить характер наследования признаков, обязательно скрещиваются между собой.
2. Скрещиваемые формы должны отличаться контрастными, альтернативными признаками и быть гомозиготными (для этого их предварительно проверяют на константность наследования данного признака).
3. Скрещивание проводят один раз, а гибриды размножаются при самоопылении.
4. Гибридные растения и их потомство в ряду поколений изучается индивидуально по каждой паре признаков.
5. В каждом поколении гибридов проводят количественный и качественный учет растений, имеющих изучаемый признак.
6. Обязателен статистический анализ результатов гибридизации при помощи метода χ^2 (хи-квадрат) для определения критерия соответствия фактически полученных данных теоретически ожидаемым.

Следует пользоваться общепринятыми символами и условными обозначениями:

× – скрещивание;

♀ – материнская особь;

♂ – отцовская особь.

Название материнской особи пишут на первом месте, отцовской – на втором.

P – родительские особи, взятые для скрещивания (от лат. *parentis* – родители).

Потомство, полученное от скрещивания родительских форм, имеющих альтернативные признаки, называют **гибридами**, а совокупность гибридов одного поколения – **гибридным потомством** данной гибридной комбинации.

F – гибридное потомство (от лат. *fili* – дети).

Цифрой, стоящей возле буквы F, обозначают поколение гибридов, например, F₁, F₂ или F₃. Потомство, полученное от скрещивания родительских форм, называют **первым поколением**; потомство, полученное от самоопыления или от скрещивания между собой гибридов первого поколения – **вторым** и т. д.

Моногибридное скрещивание – это скрещивание родительских особей, различающихся по одной паре альтернативных признаков. Следовательно, моногибридное скрещивание включает анализ лишь одной аллельной пары признаков.

Организмы, имеющие генотипы AA или aa, BB или bb, образуют один тип гамет A или a, B или b. Поэтому при самоопылении или близкородственном разведении они дают кон-

стантное, т. е. нерасщепляющееся по изучаемым признакам, потомство. Такие организмы называются **гомозиготными**.

Организмы с генотипами Aa или Bb образуют соответственно два типа гамет A и a , B и b и при самоопылении или близкородственном разведении дают расщепляющееся потомство по изучаемым признакам. Их называют **гетерозиготными**, или гибридными по данным признакам.

Анализ гибридного потомства, полученного при моногибридном скрещивании, дает возможность установить закономерности наследования данных признаков.

Пример.

У гороха желтая окраска семян доминирует над зеленой. Гомозиготный желтосемянный сорт гороха опылили пыльцой сорта, имеющего зеленые семена (рис. 1).

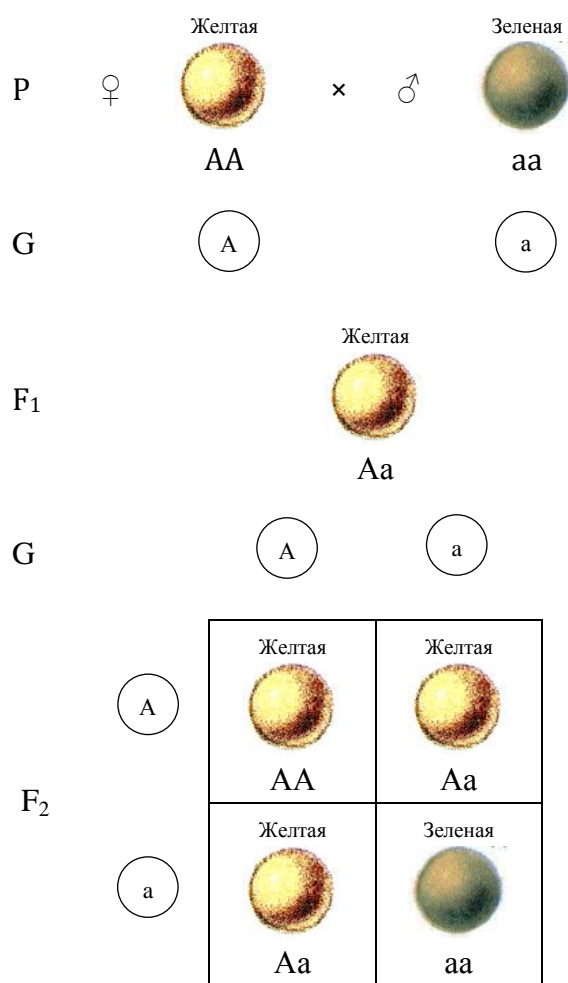


Рис. 1. Наследование окраски семян у гороха.

В F_1 получили 16 растений, от самоопыления которых было получено 144 растения F_2 .

1. Сколько типов гамет может образовать растение F_1 ?
2. Сколько разных генотипов может образоваться в F_2 ?
3. Сколько рецессивных гомозигот образуется в F_2 ?
4. Сколько гибридов F_2 будут гетерозиготными?

5. Сколько желтосемянных гибридов F₂ при самоопылении дадут нерасщепляющееся потомство?

Решение задач на моногибридное и другие типы скрещиваний требует строгого соблюдения определенной последовательности и формы записи.

1. Записываем культуру, изучаемый признак и условные обозначения аллелей.

Горох посевной
Окраска семян:
{ A – желтые;
 a – зеленые.

2. Выписываем генотипы, фенотипы родительских компонентов и составляем схему скрещивания.

 желтые зеленые
P ♀ AA × ♂ aa

3. Выписываем гаметы, которые могут образоваться у родительских компонентов.

G (A) (a)

4. Получаем первое гибридное поколение (от слияния отцовской и материнской гамет).

 желтые
F₁ Aa

Все гибриды первого поколения будут иметь желтую окраску семян, зеленая окраска не проявляется.

Признак, который проявляется в первом поколении гибридов, называется *доминантным*. *Рецессивным* называют признак, который не проявляется у гибридов первого поколения.

Первый закон Менделя – закон доминирования (единообразия гибридов первого поколения): у гибридов первого поколения из каждой пары альтернативных признаков развивается только один, второй находится в скрытом состоянии, не проявляется.

Гибриды первого поколения являются единообразными по изучаемому признаку и образуют один генотип.

5. Записываем схему самоопыления гибридов первого поколения.

F₁ ♀ Aa × ♂ Aa

6. Выписываем гаметы, которые могут образоваться у гибридов первого поколения.

G (A) (a)
 (A) (a)

7. Выписываем все возможные генотипы от слияния мужских и женских гамет и определяем фенотипы гибридов F₂:

	3	1	– расщепление по фенотипу
	желтая	желтая	зеленая
F ₂	AA	Aa	aa
	1	2	1
	доминантная гомозигота	гетерозиготы	рецессивная гомозигота

Второй закон Менделя – закон расщепления: при самоопылении (или сестринском скрещивании) гибридов первого поколения в F₂ проявляются признаки обеих родительских особей в определенных числовых соотношениях: $\frac{3}{4}$ доминантных и $\frac{1}{4}$ рецессивных (3:1).

Среди $\frac{3}{4}$ особей второго поколения $\frac{1}{4}$ даст в F₃ нерасщепляющееся потомство, а $\frac{3}{4}$ дадут расщепление в соотношении 3:1.

Расщепление по генотипу будет идти в соотношении $\frac{1}{4}$ доминантных гомозигот : $\frac{2}{4}$ гетерозигот : $\frac{1}{4}$ рецессивных гомозигот. Все гетерозиготные особи в последующих поколениях будут расщепляться по фенотипу и по генотипу в тех же соотношениях.

8. Оформляем краткую запись получения гибридов F₂:

F ₂	AA	– желтая	1	}	4 части (144 растения)
	Aa	– желтая	2		
	Aa	– желтая	2		
	aa	– зеленая	1		

9. Рассчитываем, сколько растений приходится на 1 часть.

144 растений, полученные в F₂, составляют 4 части;

x растений – 1 часть;

$$x = \frac{144 \cdot 1}{4} = 36.$$

Таким образом, на 1 часть приходится 36 растений.

10. На основании составленной схемы скрещивания даем ответы на вопросы задачи.

1. Растение F₁ может образовать два типа гамет – (A) и (a).
2. В потомстве F₂ может образоваться три разных генотипа – AA, Aa, aa.
3. Рецессивных гомозигот (aa) в потомстве F₂ будет 1 часть, т. е. 36 растений (1 часть · 36 растений).
4. Гетерозиготных растений (Aa) в потомстве F₂ будет 2 части, т. е. 72 растения (2 части · 36 растений).
5. Желтосемянными растениями в потомстве F₂ будут доминантные гомозиготы (AA) и гетерозиготы (Aa), но нерасщепляющееся потомство дают только гомозиготы (AA), т. е. 1 часть, или 36 растений.

ЗАДАНИЕ 2. Изучите технику проведения скрещиваний у желтого люпина, проанализируйте растения F₁ и F₂ и установите характер наследования изучаемого признака

Техника скрещиваний у желтого люпина, гибриды первого и второго поколений приведены на рис. 1–20.



Рис. 1. Схема скрещивания лимонноцветковых и желтоцветковых образцов желтого люпина.



Рис. 2. Внешний вид материнского растения с лимонно-желтой окраской цветков.



Рис. 3. Удаление раскрывшегося (самоопылившегося) цветка нижней мутовки.



Рис. 4. Удаление всех остальных раскрывшихся цветков нижней мутовки.



Рис. 5. Верхние нераскрывшиеся бутоны не пригодны к кастрации.



Рис. 6. Удаление верхних нераскрывшихся бутонов вместе с цветоножкой.



Рис. 7. Внешний вид бутонов, пригодных к кастрации.



Рис. 8. Удаление лепестков цветка.



Рис. 9. Пестик и десять тычинок находятся внутри лодочки.



Рис. 10. Удаление лодочки и тычиночных нитей.



Рис. 11. Внешний вид прокастрированного цветка.



Рис. 12. Прокастрированы пять цветков мутовки.



Рис. 13. Изоляция прокастрированных цветков ватой.



Рис. 14. Пыльца желтоцветкового отцовского компонента.



Рис. 15. Опыление материнского растения (через 24–36 часов после кастрации)
пыльцой отцовского компонента.



Рис. 16. Изоляция опыленных цветков ватой и обозначение комбинации скрещивания.



Рис. 17. Внешний вид завязавшихся бобиков (через 7–10 дней после опыления).



Рис. 18. Питомник гибридизации.

У гибридов первого поколения проявляется закон единообразия (рис. 19). Все они имеют желтую окраску цветков. Следовательно, желтая окраска цветков – доминантный признак, лимонно-желтая – рецессивный.



Рис. 19. Питомник гибридов первого поколения.

У гибридов второго поколения проявляется закон расщепления (рис. 20). Выявлены растения с желтой и лимонно-желтой окраской цветков в соотношении 3:1.



Рис. 20. Питомник гибридов второго поколения.

ЗАДАНИЕ 3. Изучите типы скрещиваний: реципрокные (взаимные), возвратные (беккроссы) и анализирующие

Реципрокные (взаимные) скрещивания – скрещивания между двумя формами, когда каждая из них в одном случае берется в качестве материнской формы, а в другом – в качестве отцовской формы.

Реципрокные скрещивания применяются для выявления материнского эффекта.

Возвратные скрещивания (беккроссы) – скрещивания, при которых гибрид повторно (однократно или многократно) скрещивается с одной из родительских форм (рис. 21).

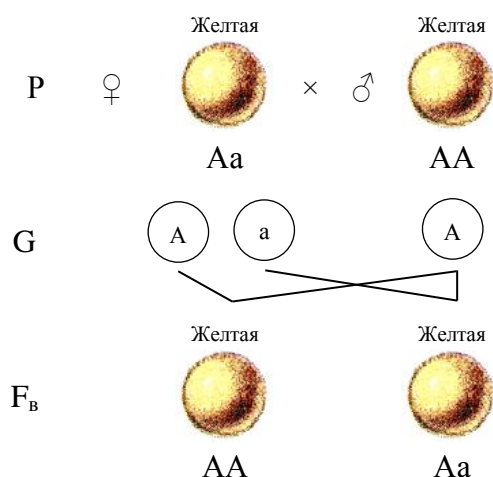
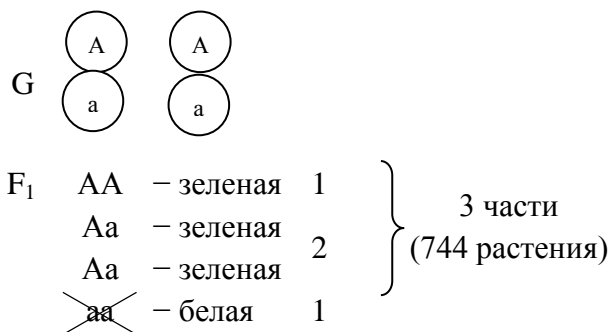




Рис. 21. Возвратное скрещивание гибрида F₁ с доминантной родительской формой

Потомство, полученное от возвратного скрещивания с одной из родительских форм, обозначается F_B.



На 1 часть приходится 248 растений (744 растения F₁ : 3 части).

Ответы:

1. 2 типа гамет:  и .
2. 3 разных генотипа (AA, Aa и aa), у плодоносящих растений – 2 генотипа (AA и Aa).
3. 248 растений с генотипом aa (1 часть · 248 растений).
4. 248 растений с генотипом AA (1 часть · 248 растений).
5. 496 растений с генотипом Aa (2 части · 248 растений).

**ЗАДАНИЕ 5. Решите задачу на неполное доминирование
(промежуточное наследование) при моногибридном скрещивании**

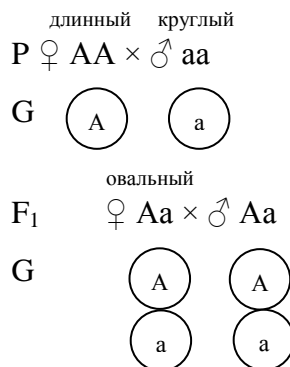
Пример.

У редиса форма корнеплода наследуется по типу неполного доминирования и растения имеют три типа корнеплодов; длинный, овальный и круглый. Скрещивали растения с длинными и круглыми корнеплодами. В F₁ получили 72 растения (все имели овальный корнеплод), в F₂ – 260 растений.

1. Сколько типов гамет может образовать растение с овальным корнеплодом?
2. Сколько типов гамет может образовать растение, имеющее круглый корнеплод?
3. Сколько растений F₂ могут иметь овальную форму корнеплода?
4. Сколько разных фенотипов может быть у растений F₂?
5. Сколько растений F₂ могут иметь круглую форму корнеплода?

Решение.

Редис
 Форма корнеплода
 { A – длинный;
 { a – круглый;
 Aa – овальный.
 F₁ – 72 растения.
 F₂ – 260 растений.



F_2	AA	– длинный	1	} 4 части (260 растений)
	Aa	– овальный	2	
	Aa	– овальный	2	
	aa	– круглый	1	

На 1 часть приходится 65 растений (260 растений F_2 : 4 части).

Ответы:

1. 2 типа гамет: \textcircled{A} и \textcircled{a} .
2. 1 тип гамет \textcircled{a} .
3. 130 растений (2 части · 35 растений).
4. 3 фенотипа (длинный, овальный, круглый).
5. 65 растений (1 часть · 65 растений).

МАТЕРИАЛ

1. Слайды с техникой проведения гибридизации у люпина.
2. Планшеты с раскрытыми бобами растений гороха родительских сортов, гибридов F_1 и F_2 .
3. Планшеты с раскрытыми бобами гороха, полученных от скрещивания растений F_1 пыльцой родительских форм.
4. Схемы моногибридного скрещивания при полном и неполном доминировании.
5. Карточки с индивидуальными заданиями.
6. Тестовые задания по теме.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. В чем сущность метода гибридологического анализа?
2. Расскажите о генетической символике.
3. Что такое моногибридное скрещивание?
4. Расскажите о законе единообразия гибридов F_1 .
5. Расскажите о законе расщепления гибридов F_2 .
6. В каком соотношении происходит расщепление по фенотипу у гибридов при полном и неполном доминировании?
7. Расскажите о гипотезе чистоты гамет.
8. Дайте определения понятиям доминантность и рецессивность, гомо- и гетерозиготность, генотип, фенотип, гомологичные хромосомы и аллельные гены.
9. Расскажите об основных типах скрещиваний: реципрокные, возвратные и анализирующие.
10. В каком соотношении происходит расщепление по фенотипу и генотипу у гибридов при возвратных и анализирующих скрещиваниях.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. У гороха желтая окраска семян доминирует над зеленой.

Гомозиготное растение с желтыми семенами было опылено пыльцой гомозиготного растения с зелеными семенами. Всего в F_1 было получено 10 растений. Растения F_1 переопылили между собой и получили в F_2 64 растения.

1. Сколько разных фенотипов может быть в F_1 ?
2. Сколько растений F_1 имели желтую окраску?
3. Сколько растений в F_2 могут иметь желтые семена?
4. Сколько растений в F_2 имеют рецессивный признак?
5. Сколько генотипов образуется в F_2 ?

2. У моркови желтая окраска корнеплода доминирует над красной.

Гомозиготное растение с красным корнеплодом скрестили с гомозиготным растением, имеющим желтый корнеплод. Получили 10 растений F_1 , от самоопыления которых получили 100 растений F_2 .

1. Сколько растений F_1 могут быть гетерозиготными?
2. Сколько различных типов гамет могут образовать растения F_1 ?
3. Сколько различных генотипов может быть в F_2 ?
4. Сколько доминантных гомозиготных растений будет в F_2 ?
5. Сколько растений F_2 будет иметь красную окраску корнеплода?

3. У пшеницы красная окраска колоса является доминантной по отношению к белой.

Гомозиготное красноколосое растение было опылено пыльцой белоколосого растения. От самоопыления растений F_1 было получено 96 растений F_2 .

1. Сколько различных типов гамет могут образовать растения F_1 ?
2. Сколько различных фенотипов может образоваться в F_2 ?
3. Сколько растений F_2 могут быть белоколосыми?
4. Сколько растений F_2 могут быть гетерозиготными?
5. Сколько гомозиготных красноколосых растений может образоваться в F_2 ?

4. У растений дурмана пурпурная окраска цветков доминирует над белой.

Гетерозиготное растение, имеющее пурпурную окраску цветков, при самоопылении дало 44 потомка.

1. Сколько разных типов гамет может образовать гетерозиготное растение?
2. Сколько разных генотипов среди потомков F_2 ?
3. Сколько разных фенотипов среди потомков F_2 ?
4. Сколько растений, полученных от этого скрещивания, были гетерозиготными?
5. Сколько растений в F_2 могут быть с пурпурным венчиком?

5. У ячменя пленчатость доминирует над голозерностью.

Скрещивали гомозиготные растения пленчатого сорта с голозерным. В F_1 выращено 12 растений. От самоопыления растений F_1 получили 480 семян F_2 .

1. Сколько растений F_1 могут быть гетерозиготными?

2. Сколько типов гамет может образовать голозерное растение?
3. Сколько разных генотипов в F_2 ?
4. Сколько семян F_2 могут быть пленчатыми?
5. Сколько семян F_2 могут быть голозерными?

6. У фигурной тыквы белая окраска плода доминирует над желтой.

От скрещивания гомозиготного растения с белыми плодами с растением, имеющим желтые плоды, получили 25 растений. В результате возвратного скрещивания гибридов F_1 с родительской формой, имеющей доминантные признаки, получили 1600 растений.

1. Сколько растений F_1 имели белые плоды?
2. Сколько типов гамет может образовать растение F_1 ?
3. Сколько различных фенотипов может образоваться в F_2 ?
4. Сколько растений F_2 могли иметь белую окраску плодов?
5. Сколько растений из 200, полученных от возвратного скрещивания с рецессивной родительской формой, могли иметь желтые плоды.

7. У пшеницы безостость доминирует над остистостью.

Гетерозиготное безостое растение скрестили с остистым. В F_2 получено 24 растения.

1. Сколько типов гамет может образовать остистое растение?
2. Сколько типов гамет образует гетерозиготное растение?
3. Сколько в F_2 может быть остистых растений?
4. Сколько различных генотипов может быть в F_2 ?
5. Сколько растений F_2 могут быть гетерозиготными?

8. У гороха гладкая форма семян доминирует над морщинистой.

Гетерозиготные растения с гладкими семенами были опылены пыльцой растений с морщинистыми семенами. В F_2 получили 480 семян.

1. Сколько типов гамет может образовать материнское растение?
2. Сколько типов гамет образует отцовское растение?
3. Сколько семян F_2 могут быть гетерозиготными?
4. Сколько семян F_2 могут дать нерасщепляющееся потомство?
5. Сколько морщинистых семян может быть получено в F_2 ?

9. У томата округлая форма плода доминирует над овальной.

От скрещивания гомозиготного растения с круглыми плодами с растением, имеющим овальные плоды, в F_1 получили 30 растений, в F_2 – 432 растения.

1. Сколько типов гамет может образовать растение с овальными плодами?
2. Сколько растений F_1 могут иметь округлые плоды?
3. Сколько разных генотипов в F_1 ?
4. Сколько растений F_2 , имеющих округлую форму плодов, могут давать нерасщепляющееся потомство?
5. Сколько растений F_2 могут иметь овальную форму плодов?

10. У овса ген раннеспелости доминирует над геном, определяющим позднеспелость.

От скрещивания двух гетерозиготных раннеспелых сортов в потомстве было получено 256 растений.

1. Сколько различных фенотипов может образоваться в потомстве?
2. Сколько различных генотипов может образоваться в потомстве?
3. Сколько раннеспелых растений может быть в потомстве?
4. Сколько гомозиготных раннеспелых растений может быть?
5. Сколько типов гамет может образовать каждая из родительских форм?