

## Ди- и полигибридное скрещивание

### ЗАДАНИЕ 1. Ознакомьтесь с характером наследования признаков при дигибридном скрещивании

**Полигибридным** называется скрещивание родительских особей, различающихся по 2–3 и более парам альтернативных признаков, гены которых локализованы в разных хромосомах. Простейший тип полигибридного скрещивания – **дигибридное скрещивание**.

#### Пример.

У гороха две пары признаков (желтые семена – зеленые семена, гладкая поверхность – морщинистая поверхность семян) наследуются независимо. Гомозиготное растение с желтыми морщинистыми семенами скрестили с гомозиготным растением, имеющим зеленые гладкие семена. В  $F_1$  получили 120 желтосемянных растений с гладкой поверхностью, в  $F_2$  – 1728 растений.

1. Сколько разных генотипов могло быть у растения  $F_1$ ?
2. Сколько разных типов гамет может образовать растение  $F_1$ ?
3. Сколько растений  $F_1$  могли быть желтосемянными с гладкой поверхностью семян?
4. Сколько растений  $F_2$  могли иметь зеленые семена и гладкую поверхность?
5. Сколько разных генотипов может быть у растений  $F_2$ ?

#### Решение:

Горох  
Окраска семян;  
Характер поверхности семян.  
{ A – желтые семена;  
  a – зеленые семена;  
  B – гладкие семена;  
  b – морщинистые семена.  
 $F_1$  – 120 растений.  
 $F_2$  – 1728 растений.  
желт. морщ.    зел. глад.  
P ♀ AAbb × ♂ aaBB  
G    (Ab)        (aB)  
          желт. гл.  
 $F_1$     AaBb

При скрещивании двух родительских компонентов все семена будут иметь желтую окраску и гладкую форму, что соответствует первому закону Менделя – закону единообразия.

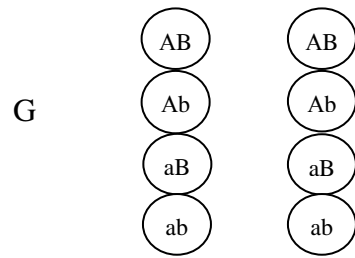
Для определения числа типов гамет у гибрида  $F_1$  существует формула 1.

$$\text{ЧТГ} = 2^n, \quad (1)$$

где ЧТГ – число типов гамет;

n – число гетерозиготных пар у конкретного генотипа.

F<sub>1</sub> ♀ AaBb × ♂ AaBb



При дигибридном и полигибридном скрещивании теоретически ожидаемый характер расщепления гибридов F<sub>2</sub> удобно определять, пользуясь решеткой Пеннета (рис. 1) или фенотипическим радикалом.

















G	♂	AB	Ab	aB	ab
♀	♀	AB	Ab	aB	ab
		Желтая гладкая  AABB	Желтая гладкая  AABb	Желтая гладкая  AaBB	Желтая гладкая  AaBb
		Желтая гладкая  AABb	Желтая морщинистая  AAbb	Желтая гладкая  AaBb	Желтая морщинистая  Aabb
		Желтая гладкая  AaBB	Желтая гладкая  AaBb	Зеленая гладкая  aaBB	Зеленая гладкая  aaBb
		Желтая гладкая  AaBb	Желтая морщинистая  Aabb	Зеленая гладкая  aaBb	Зеленая морщинистая  aabb
F <sub>2</sub>		AB	Ab	aB	ab

Рис. 1. Решетка Пеннета.

**Фенотипический радикал** – это та часть генотипа организма, которая определяет его фенотип.

Например, при полном доминировании генотипы Aabb и AABb будут иметь фенотипический радикал A\_bb. Поскольку в фенотипическом радикале за аллелем А могут быть скры-

ты аллели А и а, то в радикале после А ставят тире (А\_). В то же время фенотипический радикал b говорит о том, что вторым аллелем может быть только рецессивный аллель b. Поэтому в радикал можно вписать этот аллель – bb.

Так, гибрид АаВb дает гаметы:  $\text{AB}$ ,  $\text{Ab}$ ,  $\text{aB}$ ,  $\text{ab}$ .

Эти гаметы одновременно являются и фенотипическими радикалами гибридов F<sub>2</sub>: А\_В\_, А\_bb, aaВ\_, aabb.

Существуют правила для определения числа фенотипических классов (формула 2), числа генотипических классов (формула 3), общего числа генотипов (формула 4).

$$\text{ЧФК} = 2^n, \quad (2)$$

$$\text{ЧГК} = 3^n, \quad (3)$$

$$\text{ОЧГ} = 4^n, \quad (4)$$

где ЧФК – число фенотипических классов;

ЧГК – число генотипических классов;

ОЧГ – общее число генотипов;

n – число пар признаков, по которым отличаются родители.

Так, при дигибридном скрещивании число фенотипических классов равно 4 (2<sup>2</sup>), число генотипических классов – 9 (3<sup>2</sup>), общее число генотипов – 16 (4<sup>2</sup>).

Воспользовавшись перечисленными правилами, составляем таблицу расщепления у гибридов F<sub>2</sub> по фенотипу и генотипу при дигибридном скрещивании (табл. 1).

Таблица 1. Распределение гибридов F<sub>2</sub> при дигибридном скрещивании.

Формула генотипа	Фенотипический класс	Генотипический класс	Гаметы	Частота встречаемости генотипов
А_В_	желтые гладкие семена	ААВВ	$\text{AB}$	1
		ААВb	$\text{AB}$ $\text{Ab}$	2
		АаВВ	$\text{AB}$ $\text{aB}$	2
		АаВb	$\text{AB}$ $\text{Ab}$ $\text{aB}$ $\text{ab}$	4
				} 9
А_bb	желтые морщинистые семена	ААbb	$\text{Ab}$	1
		Аabb	$\text{Ab}$ $\text{ab}$	2
				} 3
aaВ_	зеленые гладкие семена	aaВВ	$\text{aB}$	1
		aaВb	$\text{aB}$ $\text{ab}$	2
				} 3
aabb	зеленые морщинистые семена	aabb	$\text{ab}$	1
				} 1

Кратко оформляем запись так:

F <sub>2</sub>	A_B_	– желтые гладкие семена	– 9 частей;
	A_bb	– желтые морщинистые семена	– 3 части;
	aaB_	– зеленые гладкие семена	– 3 части;
	aabb	– зеленые морщинистые семена	– 1 часть.

Расщепление по фенотипу происходит в соотношении: 9 (желтые, гладкие) : 3 (желтые морщинистые) : 3 (зеленые, гладкие) : 1 (зеленые, морщинистые).

На 1 часть приходится 108 растений (1728 растений F<sub>2</sub> : 16 частей).

Расщепление по генотипу происходит в соотношении: 1 (AABB) : 2 (AABb) : 2 (AaBB) : 4 (AaBb) : 1 (AAbb) : 2 (Aabb) : 1 (aaBB) : 2 (aaBb) : 1 (aabb).

**Третий закон Менделя** для полигибридного скрещивания – **закон независимого наследования признаков**: различные пары признаков, гены которых находятся в негомолгичных хромосомах, наследуются независимо друг от друга, давая все возможные сочетания. При этом образуются новые гаметы, генотипы и фенотипы.

Явление независимого наследования признаков имеет важное значение для селекции, так как в процессе гибридизации можно получать гибриды, наиболее полно сочетающие хозяйственно ценные признаки исходных родительских сортов.

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

1. Гибриды F<sub>1</sub> образуют 1 генотип: AaBb.
2. Гибрид F<sub>1</sub> образует 4 типа гамет:  $\text{AB}$ ,  $\text{Ab}$ ,  $\text{aB}$ ,  $\text{ab}$ .
3. Желтосемянными с гладкой поверхностью семян будет 972 растения (9 частей · 108 растений).
4. Растений с зеленой окраской и гладкой поверхностью семян будет в F<sub>2</sub> 324 (3 части · 108 растений).
5. У растений F<sub>2</sub> будет 9 разных генотипов.

## ЗАДАНИЕ 2. Проанализируйте гибриды F<sub>v</sub> и F<sub>a</sub>, полученные от скрещивания растений, отличающихся по двум парам признаков

Возвратное скрещивание гибрида F<sub>1</sub> (AaBb) с родительской формой, гомозиготной по доминантному аллелю (AABB), в F<sub>v</sub> дает растения, имеющие генотипы AABB, AABb, AaBB и AaBb, фенотипически не различимые.

Возвратные скрещивания применяются в селекции для усиления какого-либо признака. Особенно широко их используют в современной селекции при выведении сортов, устойчивых к болезням, создании стерильных аналогов и восстановителей стерильности.

Анализирующими называют скрещивания гибрида F<sub>1</sub> с родительской формой, гомозиготной по рецессивному аллелю (aabb). В F<sub>a</sub> образуются растения, имеющие генотипы AaBb, Aabb, aaBb и aabb, т. е. наблюдается фенотипическое расщепление 1:1:1:1.

Анализирующее скрещивание позволяет выявить генетическую структуру гибрида, т. е. установить, является ли он гомозиготным или гетерозиготным по изучаемому признаку:

- если все особи, полученные от анализирующего скрещивания, единообразные, то генотип имеет структуру AA, AABB, AABBCC и т.п.;
- если в потомстве образуется 2, 4, 8 и т.п. классов соответственно для моно-, ди- и тригибридного скрещивания, то генотип особи был Aa, AaBb, AaBbCc и т. п.

Рассмотрим характер расщепления гибридов по фенотипу и генотипу при возвратном и анализирующем скрещивании на примере с горохом.

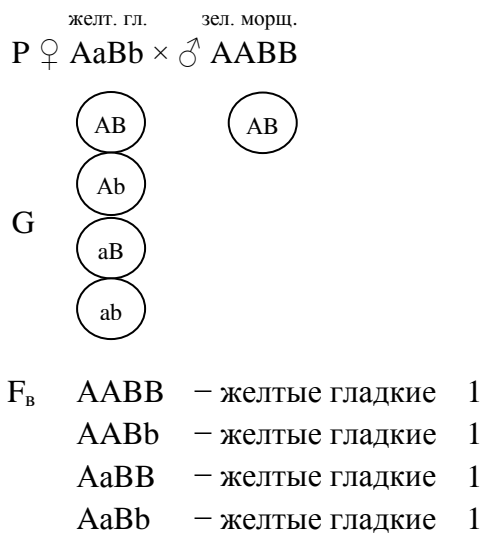
Горох

Окраска семян;

Форма семян.

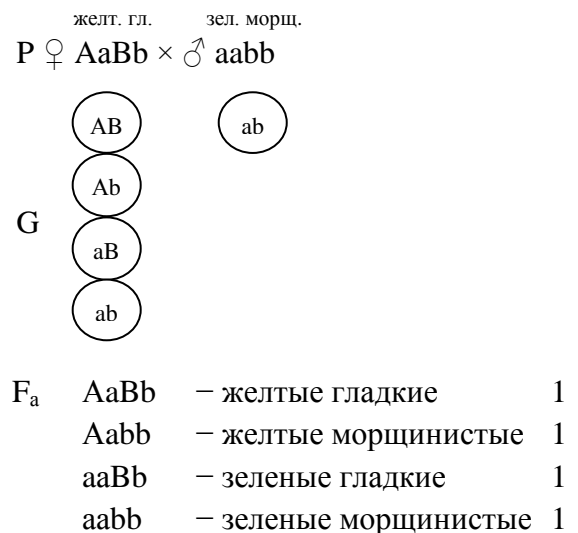
- { A – желтые семена;
- { a – зеленые семена;
- { B – гладкие семена;
- { b – морщинистые семена.

**Возвратное скрещивание**



Расщепление по фенотипу: нет;  
Расщепление по генотипу: 1:1:1:1.

**Анализирующее скрещивание**



Расщепление по фенотипу: 1:1:1:1;  
Расщепление по генотипу: 1:1:1:1.

**ЗАДАНИЕ 3. Решите типовую задачу на дигибридное скрещивание**

**Пример.**

У ячменя две пары признаков (двурядный – многорядный колос, плотный – рыхлый колос) наследуются независимо. От скрещивания двурядного рыхлоколосого сорта с многорядным плотноколосым в F<sub>1</sub> получили 122 растения (имели двурядный рыхлый колос), в F<sub>2</sub> – 1152.

1. Сколько типов гамет могут образовать растения F<sub>1</sub>?
2. Сколько растений F<sub>2</sub> могут иметь многорядный рыхлый колос?
3. Сколько разных фенотипов может быть в F<sub>2</sub>?
4. Сколько разных генотипов может быть в F<sub>2</sub>?
5. Сколько растений F<sub>2</sub> могут иметь многорядный плотный колос?

**Решение:**

Ячмень

Количество рядов;

Плотность колоса:

$\left\{ \begin{array}{l} A - \text{двурядный;} \\ a - \text{многорядный;} \\ B - \text{рыхлый;} \\ b - \text{плотный.} \end{array} \right.$

$F_1 - 122$  растения.

$F_2 - 1152$  растения.

$P \quad \overset{\text{дв. рых.}}{\text{♀ AABV}} \times \overset{\text{мн. плот.}}{\text{♂ aabb}}$

$G \quad \textcircled{AB} \quad \textcircled{ab}$

$F_1 \quad \overset{\text{дв. рых.}}{\text{♀ AaBb}} \times \overset{\text{дв. рых.}}{\text{♂ AaBb}}$

$G \quad \begin{array}{cc} \textcircled{AB} & \textcircled{AB} \\ \textcircled{Ab} & \textcircled{Ab} \\ \textcircled{aB} & \textcircled{aB} \\ \textcircled{ab} & \textcircled{ab} \end{array}$

$F_2$	$A\_B\_$	двурядный рыхлый	9	}	16 частей (1152 растения)
	$A\_bb$	двурядный плотный	3		
	$aaB\_$	многорядный рыхлый	3		
	$aabb$	многорядный плотный	1		

На 1 часть приходится 72 растения (1152 растений  $F_2 : 16$  частей).

**Ответы:**

1. 4 типа гамет:  $\textcircled{AB}, \textcircled{Ab}, \textcircled{aB}, \textcircled{ab}$ .
2. 216 растений (3 части  $\cdot$  72 растения).
3. 4 фенотипа (двурядный, рыхлый; двурядный, плотный; многорядный, рыхлый; многорядный, плотный).
4. 9 генотипов (AABV, AABb, AaBV, AaBb, AAbb, Aabb, aaBV, aaBb, aabb).
5. 72 растения (1 часть  $\cdot$  72 растения).

#### ЗАДАНИЕ 4. Ознакомьтесь с характером наследования признаков при тригибридном скрещивании

**Тригибридным** называется скрещивание родительских особей, различающихся по 3 парам альтернативных признаков, гены которых локализованы в разных хромосомах.

**Пример.**

У пшеницы признаки окраски колоса, остистости и опушенности наследуются независимо.

От скрещивания красноколосой, остистой, опушенной пшеницы с белоколосой, безостой, неопушенной пшеницей получили 135 растений  $F_1$ . Все они оказались красноколо-

сыми, безостыми, опушенными. От самоопыления растений F<sub>1</sub> было получено в F<sub>2</sub> 896 гибридов.

1. Какие гаметы формируют исходные родительские формы?
2. Сколько и каких гамет формируют растения F<sub>1</sub>?
3. Сколько генотипических классов может быть в F<sub>2</sub>?
4. Сколько растений в F<sub>2</sub> могут иметь все доминантные признаки?
5. Сколько растений в F<sub>2</sub> могут быть тройными доминантными гомозиготами?

**Решение.**

Пшеница

Окраска колоса,

Наличие остей;

Наличие опушенности.

- { A – красный колос;
- { a – белый колос;
- { B – безостость;
- { b – остистость;
- { C – опушенность;
- { c – неопушенность.

F<sub>1</sub> – 135 растений.

F<sub>2</sub> – 896 растений.

кр. ост. оп.      бел. безост. неоп.

P ♀ AA**bb**CC × ♂ aa**BB**cc

G      (AbC)                  (aBc)

кр. безост. оп.

F<sub>1</sub>      ♀ Aa**Bb**Cc

Согласно формуле 1 тригетерозигота будет образовывать 8 типов гамет.

F<sub>1</sub>      ♀ Aa**Bb**Cc × ♂ Aa**Bb**Cc

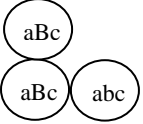
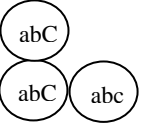

G      (ABC)                  (ABC)  
           (ABc)                  (ABc)  
           (AbC)                  (AbC)  
           (aBC)                  (aBC)  
           (Abc)                  (Abc)  
           (aBc)                  (aBc)  
           (abC)                  (abC)  
           (abc)                  (abc)

Согласно формулам 2, 3 и 4 при тригибридном скрещивании образуется 8 фенотипических классов ( $2^3$ ), 27 генотипических класса ( $3^3$ ) и 64 генотипа ( $4^3$ ).

Расщепление по фенотипу и генотипу приведено в табл. 2.

Таблица 2. Распределение гибридов  $F_2$  при тригибридном скрещивании.

Фенотипический радикал	Фенотипический класс	Генотипический класс	Гаметы	Частота встречаемости генотипов
1	2	3	4	5
A_B_C_	желтые гладкие семена, пурпурные цветки	AABBCC	(ABC)	1
		AABVCC	(ABC) (ABc)	2
		AABbCC	(ABC) (AbC)	2
		AaBBCC	(ABC) (aBC)	2
		AABbCc	(ABC) (ABc) (AbC) (Abc)	4
		AaBBCc	(ABC) (ABc) (aBC) (aBc)	4
		AaVbCC	(ABC) (AbC) (aBC) (abC)	4
		AaVbCc	(ABC) (ABc) (AbC) (aBC) (Abc) (aBc) (abC) (abc)	8
A_B_cc	желтые гладкие семена, белые цветки	AABBcc	(ABc)	1
		AABbcc	(ABc) (Abc)	2
		AaBBcc	(ABc) (aBc)	2
		AaVbcc	(ABc) (Abc) (aBc) (abc)	4
A_bbC_	желтые морщинистые семена, пурпурные цветки	AAbbCC	(AbC)	1
		AAbbCc	(AbC) (Abc)	2
		AabbCC	(AbC) (abC)	2
		AabbCc	(AbC) (Abc) (abC) (abc)	4
aaV_C_	зеленые гладкие семена, пурпурные цветки	aaBBCC	(aBC)	1
		aaBBCc	(aBC) (aBc)	2
		aaVbCC	(aBC) (abC)	2
		aaVbCc	(aBC) (aBc) (abC) (abc)	4
A_bbcc	желтые морщинистые семена, белые цветки	AAbbcc	(Abc)	1
		Aabbcc	(Abc) (abc)	2

1	2	3	4	5
aaV <sub>cc</sub>	зеленые гладкие семена, белые цветки	aaBBcc aaBbcc		1 } 2 } 3
aabbC <sub>cc</sub>	зеленые морщинистые семена, пурпурные цветки	aabbCC aabbCc		1 } 2 } 3
aabbcc	зеленые морщинистые семена, белые цветки	aabbcc		1

Краткую запись оформляем так:

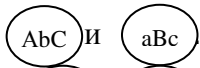



- F<sub>2</sub>    A<sub>cc</sub>V<sub>cc</sub>    – красные безостые опушенные колосья    – 27 частей;  
          A<sub>cc</sub>V<sub>cc</sub>    – красные безостые неопушенные колосья    – 9 частей;  
          A<sub>cc</sub>bC<sub>cc</sub>    – красные остистые опушенные колосья    – 9 частей;  
          aaV<sub>cc</sub>    – белые безостые опушенные колосья    – 9 частей;  
          A<sub>cc</sub>bbcc    – красные остистые неопушенные колосья    – 3 части;  
          aaV<sub>cc</sub>    – белые безостые неопушенные колосья    – 3 части;  
          aabbC<sub>cc</sub>    – белые остистые опушенные колосья    – 3 части;  
          aabbcc    – белые остистые неопушенные колосья    – 1 часть.

Расщепление по фенотипу идет в соотношении 27 (красные, безостые, опушенные) : 9 (красные, безостые, неопушенные) : 9 (красные, остистые, опушенные) : 9 (белые, безостые, опушенные) : 3 (красные, остистые, неопушенные) : 3 (белые, безостые, неопушенные) : 3 (белые, остистые, опушенные) : 1 (белые, остистые, неопушенные).

На 1 часть приходится 14 растений (896 растений F<sub>2</sub> : 64 части).

Расщепление по генотипу идет в соотношении 1 (AABBCC) : 2 (AABBcc) : 2 (AABbCC) : 2 (AABbcc) : 4 (AaBBCC) : 4 (AaBBcc) : 4 (AaBbCC) : 8 (AaBbCc) : 1 (AAbbCC) : 2 (AAbbCc) : 2 (AabbCC) : 4 (AabbCc) : 1 (aaBBCC) : 2 (aaBBcc) : 2 (aaBbCC) : 4 (aaBbcc) : 1 (AAbbcc) : 2 (Aabbcc) : 1 (aaBBcc) : 2 (aaBbcc) : 1 (aabbCC) : 2 (aabbCc) : 1 (aabbcc), т.е. образуется 27 генотипических классов.

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

1. Родительские формы формируют по 1 типу гамет:  и .
2. Растения F<sub>1</sub> формируют 8 типов гамет:  и .
3. В потомстве F<sub>2</sub> образуется 27 генотипических классов.
4. 371 растение (27 частей) могут иметь все доминантные признаки.
5. 14 растений (1 часть) может иметь генотип AABBCC.

## ЗАДАНИЕ 5. Решите типовую задачу на тригибридное скрещивание

### Пример.

У фасоли окраска бобов, волокнистость створок бобов и окраска семян наследуются независимо. Доминируют признаки желтой окраски бобов, безволоknистость створок и черная окраска семян над зеленой окраской бобов, волокнистыми створками и белой окраской семян.

В анализирующем скрещивании растений  $F_1$ , гетерозиготных по всем трем генам, с родительским сортом, имеющим все признаки в рецессивном состоянии, получили 168 растений.

1. Сколько типов гамет может образовать растение  $F_1$ ?
2. Сколько разных фенотипов могут иметь растения  $F_2$ ?
3. Сколько разных генотипов могут иметь растения  $F_2$ ?
4. Сколько растений, гетерозиготных по всем трем генам, может быть в  $F_2$ ?
5. Сколько растений, гомозиготных по всем трем генам, может быть в  $F_2$ ?

### Решение.

#### Фасоль

Окраска бобов;

Волокнистость створок бобов;

Окраска семян.

- { A – желтые бобы;
- { a – зеленые бобы;
- { B – безволоknистость створок;
- { b – волокнистость створок;
- { C – черные семена;
- { c – белые семена.

$F_2$  – 168 растения.

желт. безвол. черн.    зел. вол. бел.  
 $P \quad \text{♀} \quad AABVCC \times \text{♂} \quad aabbcc$

$G \quad \text{○} \quad ABC \quad \text{○} \quad abc$

желт. безвол. черн.    зел. вол. бел.  
 $F_1 \quad \text{♀} \quad AaBbCc \times \text{♂} \quad aabbcc$

$G \quad \begin{array}{c} \text{○} \quad ABC \\ \text{○} \quad ABc \\ \text{○} \quad AbC \\ \text{○} \quad aBC \\ \text{○} \quad aBc \\ \text{○} \quad abC \\ \text{○} \quad abc \end{array} \quad \text{○} \quad abc$

$F_a$	AaBbCc	желтые безволокнистые черные	1	} 8 частей (168 растений)
	AaBbcc	желтые безволокнистые белые	1	
	AabbCc	желтые волокнистые черные	1	
	aaBbCc	белые безволокнистые черные	1	
	Aabbcc	черные волокнистые белые	1	
	aaBbcc	белые безволокнистые белые	1	
	aabbCc	белые волокнистые черные	1	
	aabbcc	белые волокнистые белые	1	

На 1 часть приходится 21 растение (168 растения  $F_a$  : 8 частей).

**Ответы:**

1. Растения  $F_1$  формируют 8 типов гамет:  $(ABC)$ ,  $(ABc)$ ,  $(AbC)$ ,  $(aBC)$ ,  $(Abc)$ ,  $(aBc)$ ,  $(abC)$  и  $(abc)$ .
2. 8 фенотипов (желтая, безволокнистая, черная; желтая, безволокнистая, белая; желтая, волокнистая, черная; белая, безволокнистая, черная; черная, волокнистая, белая; белая, безволокнистая, белая; белая, волокнистая, черная; белая, волокнистая, белая).
3. 8 генотипов (AaBbCc, AaBbcc, AabbCc, aaBbCc, Aabbcc, aaBbcc, aabbCc, aabbcc).
4. 21 растение (1 часть · 21 растение).
5. 21 растение (1 часть · 21 растение).

**МАТЕРИАЛ**

1. Планшеты с раскрытыми бобами растений гороха родительских сортов, гибридов  $F_1$  и  $F_2$  при дигибридном скрещивании.
2. Планшеты с раскрытыми бобами гороха, полученных от скрещивания растений  $F_1$  пыльцой родительских форм при дигибридном скрещивании.
3. Схемы дигибридного скрещивания при полном и неполном доминировании.
4. Карточки с индивидуальными заданиями.
5. Тестовые задания по теме.

**ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Расскажите об образовании гамет родительскими формами и гибридами  $F_1$  при ди- и тригибридном скрещивании.
2. В чем сущность закона независимого комбинирования генов при ди- и тригибридном скрещивании.
3. Расскажите об особенностях расщепления при дигибридном скрещивании.
4. Расскажите об особенностях расщепления при тригибридном скрещивании.
5. Сравните наследование признаков при анализирующем и возвратном скрещивании.
6. Расскажите об особенностях расщепления при анализирующем скрещивании.
7. Расскажите об особенностях расщепления при возвратном скрещивании.
8. Назовите законы наследования Г. Менделя.
9. Какие принципы наследственности вытекают из законов наследования Г. Менделя?
10. Расскажите об ограниченности законов Г. Менделя.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

### *Наследование признаков при дигибридном скрещивании*

1. У сорта пшеницы ген опушенности колоса доминирует над геном, который обуславливает неопушенный колос, а ген карликовости стебля над геном нормального роста. Оба признака наследуются независимо.

Гомозиготное растение с опушенным колосом и карликовым стеблем было опылено пыльцой растения с неопушенным колосом и нормальным ростом. В  $F_1$  получено 16 растений, от самоопыления которых в  $F_2$  было получено 320 растений.

1. Сколько растений  $F_1$  могут иметь опушенный колос и карликовый стебель?
2. Сколько типов гамет могут образовать растения  $F_1$ ?
3. Сколько разных фенотипов могут иметь растения  $F_2$ ?
4. Сколько растений  $F_2$  могут иметь опушенный колос и карликовый стебель?
5. Сколько растений  $F_2$  могут иметь неопушенный колос и нормальный рост?

2. У дурмана пурпурная окраска цветков доминирует над белой, а колючие семенные коробочки – над гладкими. Признаки наследуются независимо.

От скрещивания гомозиготных родительских форм в  $F_1$  получили 55 растений, в  $F_2$  – 400 растений.

1. Сколько типов гамет может образовать материнское растение?
2. Сколько растений  $F_1$  будут гетерозиготными?
3. Сколько растений  $F_2$  могут иметь пурпурную окраску цветков и гладкие коробочки?
4. Сколько растений  $F_2$  могут иметь белую окраску?
5. Сколько генотипов образуется в  $F_2$ ?

3. У ячменя двурядный тип колоса доминирует над многорядным, а устойчивость к головне над неустойчивостью. Оба признака наследуются независимо.

Проведено скрещивание гомозиготного двурядного устойчивого к головне сорта с многорядным неустойчивым. В  $F_1$  выращено 18 растений, от самоопыления которых получено 528 растений  $F_2$ .

1. Сколько типов гамет могут образовать растения  $F_1$ ?
2. Сколько растений  $F_1$  могут быть двурядными?
3. Сколько растений  $F_2$  могут иметь многорядный колос и быть устойчивыми к головне?
4. Сколько растений  $F_2$  могут иметь двурядный колос и поражаться головней?
5. Сколько растений  $F_2$  могли иметь оба признака в рецессивном состоянии?

4. У арбуза признаки формы плода и его окраски наследуются независимо.

Гомозиготное растение с удлинёнными зелёными плодами скрестили с гомозиготным растением, имеющим округлые полосатые плоды. В  $F_1$  получили 120 растений (все имели зелёные плоды округлой формы), а в  $F_2$  – 960 растений.

1. Сколько типов гамет может образовать растение  $F_1$ ?
2. Сколько растений  $F_1$  будут гетерозиготными?

3. Сколько разных фенотипов могут иметь растения  $F_2$ ?
4. Сколько разных генотипов может образовать растение  $F_2$ ?
5. Сколько растений в  $F_2$  могут иметь полосатую окраску и удлинненную форму плодов?

5. У томатов красная окраска плодов доминирует над желтой, а многокамерные плоды над двукамерными. Оба признака наследуются независимо.

Гетерозиготные растения с красными многокамерными плодами были скрещены с гомозиготными растениями с желтыми двукамерными плодами. В  $F_2$  было получено 18 растений.

1. Сколько растений  $F_2$  имели красную окраску плодов?
2. Сколько растений  $F_2$  имели красную окраску плодов и были многокамерными?
3. Сколько растений  $F_2$  имели желтую окраску плодов?
4. Сколько растений  $F_2$  дадут расщепляющееся потомство по одному признаку?
5. Сколько растений  $F_2$  дадут расщепляющееся потомство по двум признакам?

6. У ячменя черная окраска колоса доминирует над желтой, а устойчивость к головне над неустойчивостью. Оба признака наследуются независимо.

Гетерозиготное растение с черным колосом и устойчивое к головне было опылено пыльцой растений с желтым колосом и неустойчивого к головне. В  $F_2$  было выращено 24 растения.

1. Сколько типов гамет может образовать материнское растение?
2. Сколько типов гамет может образовать отцовское растение?
3. Сколько разных фенотипов могут иметь растения  $F_2$ ?
4. Сколько растений  $F_2$  могут дать нерасщепляющееся потомство по обоим признакам?
5. Сколько растений  $F_2$  могут иметь черный колос?

7. У сорта овса раннеспелость доминирует над позднеспелостью, а раскидистая форма метелки над сжатой. Оба признака наследуются независимо.

Гомозиготное раннеспелое растение со сжатой формой метелки было опылено пыльцой гомозиготного позднеспелого растения с раскидистой метелкой. В  $F_1$  было получено 24 растения, от самоопыления которых в  $F_2$  получено 544 растения.

1. Сколько разных типов гамет могут образовать исходные отцовские растения?
2. Сколько разных типов гамет могут образовать растения  $F_1$ ?
3. Сколько растений  $F_1$  были раннеспелыми?
4. Сколько растений  $F_2$  могут быть скороспелыми и иметь раскидистую форму метелки?
5. Сколько растений  $F_2$  могут быть позднеспелыми и иметь сжатую форму метелки?

8. У тыквы белая окраска плодов является доминантной по отношению к желтой, а дисковидная форма плодов доминирует над сферической.

От скрещивания гомозиготного растения, имеющего белую окраску и сферическую форму плодов, с гомозиготным растением, имеющим желтую окраску и дисковидную форму плодов, в  $F_1$  получили 122 растения, в  $F_2$  – 800 растений.

1. Сколько фенотипов будут иметь растения  $F_1$ ?
2. Сколько растений  $F_1$  будут иметь белую окраску и дисковидную форму плода?
3. Сколько разных генотипов может быть в  $F_2$ ?

4. Сколько растений  $F_2$  могут иметь белую окраску и сферическую форму плодов?
5. Сколько растений  $F_2$  могут иметь желтую окраску и сферическую форму плода?

9. Скрещивали растения фасоли, имеющие желтые бобы и черные семена, с растением, имеющим зеленые бобы и белые семена. В  $F_1$  получили 120 растений (все имели желтые бобы и черные семена), в  $F_2$  – 784 растений.

1. Сколько типов гамет может образовать растение  $F_1$ ?
2. Сколько растений  $F_1$  будут гетерозиготными?
3. Сколько растений  $F_2$  могут иметь такой же генотип, как и растения  $F_1$ ?
4. Сколько разных генотипов может образовать растение  $F_2$ ?
5. Сколько растений в  $F_2$  могут иметь зеленые бобы и черные семена?

10. У сорта кукурузы устойчивость к ржавчине и гельминтоспориозу доминирует над неустойчивостью. Оба признака наследуются независимо.

Гетерозиготное растение, устойчивое к ржавчине и гельминтоспориозу, было опылено пыльцой растения неустойчивого к ржавчине и гельминтоспориозу. В  $F_a$  получено 364 растения.

1. Сколько типов гамет может образовать материнское растение?
2. Сколько типов гамет может образовать отцовское растение?
3. Сколько разных генотипов может быть в  $F_a$ ?
4. Сколько растений  $F_a$  могут быть устойчивыми к ржавчине и гельминтоспориозу?
5. Сколько растений  $F_a$  могут быть восприимчивы к ржавчине и гельминтоспориозу?

#### *Наследование признаков при тригибридном скрещивании*

11. У овса гигантский рост, позднеспелость, восприимчивость к ржавчине являются рецессивными по отношению к нормальному росту, раннеспелости и устойчивости к ржавчине. Все признаки наследуются независимо.

От скрещивания гигантского, позднеспелого, восприимчивого к ржавчине сорта овса с сортом нормального роста, раннеспелым, устойчивым к ржавчине получили 123 растения  $F_1$ . От скрещивания растений  $F_1$  с родительской формой, имеющей все признаки в доминантном состоянии, получили 472 растения.

1. Сколько типов гамет может образовать растение  $F_1$ ?
2. Сколько разных генотипов могут иметь растения  $F_2$ ?
3. Сколько разных фенотипов могут иметь растения  $F_2$ ?
4. Сколько растений  $F_2$  могут иметь все три гена в гомозиготном состоянии?
5. Сколько растений  $F_2$  могут иметь такой же генотип, как и растения  $F_1$ ?

12. У пшеницы ген опушенности колоса доминирует над геном, обуславливающим неопушенный колос, ген безостости колоса – над геном остистости, а ген красной окраски колоса – над геном белой окраски. Признаки наследуются независимо.

Гетерозиготное растение, имеющее все три признака в доминантном состоянии, было скрещено с гомозиготным растением, имеющим все три признака в доминантном состоянии. В  $F_2$  было получено 16 растений.

1. Сколько типов гамет может образовать материнское растение?
2. Сколько типов гамет может образовать отцовское растение?
3. Сколько разных фенотипов могут иметь растения  $F_в$ ?
4. Сколько растений  $F_в$  могут иметь все признаки в доминантном состоянии?
5. Сколько растений  $F_в$  могут иметь все признаки в доминантном состоянии и быть гомозиготными по этим признакам?

13. У сортов гороха пурпурная окраска цветков доминирует над белой, высокий рост стебля над низким, а пергаментный слой в створках боба над беспергаментным.

Гомозиготное растение со всеми доминантными признаками было скрещено с растением, у которого все признаки рецессивные. В  $F_1$  было получено 12 растений, от самоопыления которых в  $F_2$  получено 128 растений.

1. Сколько типов гамет может образовать материнское растение в первом скрещивании?
2. Сколько растений  $F_1$  могут быть гетерозиготными?
3. Сколько типов гамет могут образовать растения  $F_1$ ?
4. Сколько разных фенотипов могут иметь растения  $F_2$ ?
5. Сколько растений  $F_2$  могут иметь все признаки в рецессивном состоянии?

14. У ячменя яровой тип развития доминирует над озимым, двурядный тип колоса – над многорядным, а устойчивость к головне – над неустойчивостью. Признаки наследуются независимо.

Гомозиготное яровое растение с двурядным колосом и устойчивое к головне было скрещено с растением, имеющим все признаки в рецессивном состоянии. В  $F_1$  было получено 18 растений, от самоопыления которых в  $F_2$  получено 192 растения.

1. Сколько типов гамет образует материнское растение в первом скрещивании?
2. Сколько типов гамет образует отцовское растение в первом скрещивании?
3. Сколько растений  $F_1$  могут иметь яровой тип развития, двурядный колос и быть устойчивыми к головне?
4. Сколько генотипов могут иметь растения  $F_2$ ?
5. Сколько растений  $F_2$  могут иметь все признаки в рецессивном состоянии?

15. У подсолнечника панцирность семян доминирует над беспанцирностью, полосатая окраска семян над однотонной, желтая окраска пыльцы над белой. Признаки наследуются независимо.

Гетерозиготное по трем признакам растение было опылено пыльцой растения, у которого семена беспанцирные однотонные, пыльца белая. В  $F_a$  получено 128 растений.

1. Сколько типов гамет может образовать материнское растение?
2. Сколько типов гамет может образовать отцовское растение?
3. Сколько разных фенотипов могут иметь растения  $F_a$ ?
4. Сколько растений  $F_a$  могут иметь такой же генотип, как и отцовское растение?
5. Сколько растений  $F_a$  могут иметь все три признака доминантными и давать нерасщепляющееся потомство по этим признакам?

16. У пшеницы ген безостости колоса доминирует над геном, обуславливающим остистый колос, ген красной окраски колоса – над геном белой окраски, ген красной окраски зерна – белой окраски. Признаки наследуются независимо.

Гомозиготное растение с безостым красным колосом и белым зерном было скрещено с гомозиготным растением, имеющим остистый белый колос и красное зерно. В  $F_1$  было получено 10 растений, от самоопыления которых были выращены растения  $F_2$ .

1. Сколько типов гамет может образовать материнское растение?
2. Сколько типов гамет может образовать отцовское растение?
3. Сколько растений  $F_1$  будут гетерозиготными по трем признакам?
4. Сколько разных фенотипов могут иметь растения  $F_1$ ?
5. Сколько разных генотипов могут иметь растения  $F_2$ ?

17. Скрестили между собой две формы фасоли, различающиеся по трем парам альтернативных признаков. Одна форма белоцветковая, с зелеными бобами и черными семенами, другая – с фиолетовыми цветками, желтыми бобами и белыми семенами.

Получили 128 растений  $F_1$ . Все они оказались с фиолетовыми цветками, желтыми бобами и черными семенами. От самоопыления их получили 1296 гибридов  $F_2$ .

1. Сколько и какие типы гамет могут образовать исходные родительские формы?
2. Сколько и каких типов гамет могут образовать растения  $F_1$ ?
3. Сколько растений  $F_2$  могут быть гетерозиготными по всем трем генам?
4. Сколько фенотипических классов может быть в  $F_2$ ?
5. Сколько генотипических классов может быть в  $F_2$ ?

18. От скрещивания ячменя двурядного, остистого, пленчатого с ячменем многорядным, безостым, голозерным получили 135 растений  $F_1$ . Все они оказались двурядными, безостыми и пленчатыми. От самоопыления растений  $F_1$  было получено в  $F_2$  896 гибридов.

1. Сколько фенотипов образуется в  $F_1$ .
2. Сколько типов гамет формируют исходные родительские формы.
3. Показать сколько и каких гамет формируют растения  $F_1$ .
4. Сколько генотипических классов может быть в  $F_2$ .
5. Сколько растений в  $F_2$  могут быть тройными доминантными гомозиготами.

19. У овса раскидистая форма метелки доминирует над сжатой, раннеспелость над позднеспелостью, а устойчивость к ржавчине над неустойчивостью. Признаки наследуются независимо.

Гетерозиготное по трем признакам растение было опылено пыльцой растения, у которого все три признака находились в гомозиготном доминантном состоянии. В  $F_в$  получили 32 растения.

1. Сколько типов гамет может образовать материнское растение?
2. Сколько типов гамет может образовать отцовское растение?
3. Сколько разных фенотипов могут иметь растения  $F_в$ ?
4. Сколько разных генотипов могут иметь растения  $F_в$ ?
5. Сколько растений  $F_в$  могут иметь раскидистую метелку, обладать раннеспелостью, устойчивостью к ржавчине и в то же время быть гомозиготными?

20. Горох высокорослый, белоцветковый, желтосемянный был скрещен с короткостебельным, пурпурно-цветковым, зеленозерным растением гороха. В  $F_1$  получили 120 растений. Все они оказались высокорослыми с пурпурными цветками и желтозерными.

От самоопыления растений  $F_1$  получили 704 гибрида в  $F_2$ .

1. Сколько и каких типов гамет могут формировать исходные родительские формы?
2. Сколько и каких типов гамет могут формировать гибриды  $F_1$ ?
3. Сколько растений в  $F_2$  могут быть тройными рецессивными гомозиготами?
4. Сколько разных фенотипических классов может быть в  $F_2$ ?
5. Сколько разных генотипов образуется в  $F_2$ ?