

*Екатерина Черткова*

**РЕШЕНИЕ  
ГЕНЕТИЧЕСКИХ  
ЗАДАЧ**

*Урок 11*

«Сцепление генов и кроссинговер: задачи»

## Задача №6

Проведите генетический анализ результатов анализирующего скрещивания тригетерозиготы **AaBbCc**

P:     **AaBbCc** × **aabbcc**



F<sub>1</sub>:           **126 AaBbCc**  
                  **10 AaBbcc**  
                  **64 AabbCc**  
                  **62 Aabbcc**  
                  **68 aaBbCc**  
                  **70 aaBbcc**  
                  **14 aabbCc**  
                  **133 aabbcc**  

---

**Σ = 547**

Вторая родительская особь всегда дает гаметы **abc**.

Перепишем **F<sub>1</sub>** в гаплоидной форме:

<b>F<sub>1</sub>:</b>	<b>126</b>	<b>ABC</b>
	<b>10</b>	<b>ABc</b>
	<b>64</b>	<b>AbC</b>
	<b>62</b>	<b>Abc</b>
	<b>68</b>	<b>aBC</b>
	<b>70</b>	<b>aBc</b>
	<b>14</b>	<b>abC</b>
	<b>133</b>	<b>abc</b>
	<hr/>	
	<b>Σ = 547</b>	

## Анализ сцепления генов **A** и **B**

**AB** 136  
**Ab** 126  
**aB** 138  
**ab** 147  


---

 $\Sigma = 547$

$H_0:$

**1 : 1 : 1 : 1**

(независимое  
наследование,  
нет сцепления)

	<b>H</b>	<b>O</b>	$\frac{(H - O)^2}{O}$	$\chi^2$
<b>AB</b>	136	136,75	0,004	<b>1,628</b>
<b>Ab</b>	126	136,75	0,845	
<b>aB</b>	138	136,75	0,011	
<b>ab</b>	147	136,75	0,768	

$\chi^2 < \chi_{кр}^2 \Rightarrow$  гипотеза не отвергается. Гены наследуются независимо

## Анализ сцепления генов **A** и **C**

**AC** 190  
**Ac** 72  
**aC** 82  
**ac** 203  


---

 $\Sigma = 547$

$H_0:$

**1 : 1 : 1 : 1**

(независимое наследование, нет сцепления)

	<b>H</b>	<b>O</b>	$\frac{(H - O)^2}{O}$	$\chi^2$
<b>AC</b>	190	136,75	20,735	<b>105,41</b>
<b>Ac</b>	72	136,75	30,659	
<b>aC</b>	82	136,75	21,920	
<b>ac</b>	203	136,75	32,096	

$\chi^2 > \chi^2_{кр} \Rightarrow$  гены наследуются сцепленно

некроссоверные AC 190  
Ac 72 } кроссоверные  
aC 82  
ac 203  


---

 $\Sigma = 547$

**A** — **a**  
**C** — **c**

$$\%_{\text{кроссинговера}} = \frac{\Sigma_{\text{кроссоверных}} \times 100\%}{\Sigma}$$

$$\%_{\text{кроссинговера}} = \frac{(72 + 82) \times 100\%}{547} = 28,1\%$$

## Анализ сцепления генов В и С

**BC 194**  
**Bc 80**  
**bC 78**  
**bc 190**  


---

**Σ = 547**

H<sub>0</sub>:

**1 : 1 : 1 : 1**

(независимое наследование, нет сцепления)

	Н	О	$\frac{(Н - О)^2}{О}$	χ <sup>2</sup>
<b>BC</b>	<b>194</b>	<b>136,75</b>	<b>23,968</b>	<b>93,494</b>
<b>Bc</b>	<b>80</b>	<b>136,75</b>	<b>23,551</b>	
<b>bC</b>	<b>78</b>	<b>136,75</b>	<b>25,240</b>	
<b>bc</b>	<b>190</b>	<b>136,75</b>	<b>20,735</b>	

$\chi^2 > \chi^2_{кр} \Rightarrow$  гены наследуются сцепленно

некриссоверные криссоверные  
**BC 194**  
**Bc 80**  
**bC 78**  
**bc 190**  


---

**Σ = 547**

**B — b**  
**C — c**

$$\%_{\text{криссинговера}} = \frac{(80 + 78) \times 100\%}{547} = 28,9\%$$

Так как **A** сцеплен с **C** и **B** сцеплен с **C**  $\Rightarrow$  **A** сцеплен с **B**

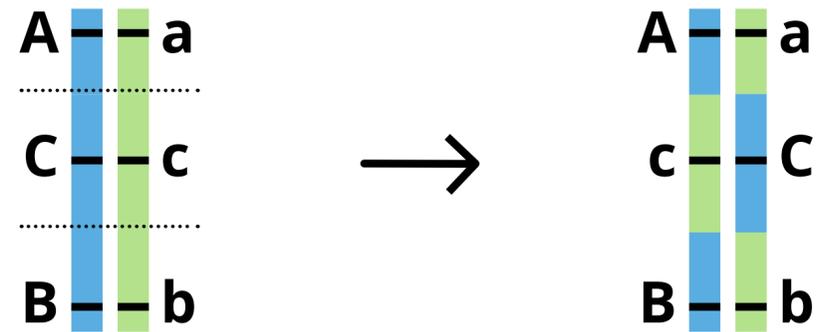
некроссоверные	AB	136	кроссоверные
	Ab	126	
	aB	138	
	ab	147	
		$\Sigma = 547$	



$$\%_{\text{кроссинговера}} = \frac{(126 + 138) \times 100\%}{547} = 48,3\%$$



$$AB = AC + CB = 28,1 + 28,9 = 57\% \neq 48,3\%$$



ABC	126
ABc	10
AbC	64
Abc	62
aBC	68
aBc	70
abC	14
abc	133
<hr/>	
$\Sigma$	547

двойные  
кроссоверы

$$\%_{\text{двойных кроссверов}} = \frac{(10 + 14) \times 100\%}{547} = 4,4\%$$

С учетом двойных кроссоверов:

$$AB = 48,3\% + 2 \times 4,4\% = 57\%$$

$$AB = AC + CB = 28,1\% + 28,9\% = 57\%$$

**C** — коэффициент коинциденции

**C > 1** — отрицательная ДНК-интерференция

**C < 1** — положительная ДНК-интерференция

**C = 1** — ДНК-интерференция отсутствует

$$C = \frac{\% \text{ двойных кроссоверов в опыте}}{\% \text{ теоретически ожидаемых двойных кроссоверов}}$$

$$\% \text{ ожидаемых двойных кроссоверов} = \% \text{ кроссоверов AC} \times \% \text{ кроссоверов CB} =$$

$$= (0,281 \times 0,289) \times 100\% = 8,1\%$$

$$C = \frac{4,4\%}{8,1\%} = 0,54$$

**C < 1**  $\Rightarrow$  наблюдается положительная интерференция

## Задача №7

При скрещивании растений кукурузы, имеющей зеленые листья без лигулы **бл**, с растениями, имеющими темно-зеленые листья с лигулой **л**, в  $F_1$  получили растения с темно-зелеными листьями без лигул **бл**. Растения в  $F_1$  скрестили с анализатором **Ан**. Результаты этого анализирующего скрещивания представлены ниже:

**134** темно-зеленые листья без лигулы **бл**

**341** зеленые листья без лигулы **бл**

**379** темно-зеленые листья с лигулой **л**

**146** зеленые листья с лигулой **л**

---

**$\Sigma = 1000$**

Как наследуются признаки? Определите генотипы исходных растений, растений в  $F_1$  и анализатора.

P: 6Л × Л



F<sub>1</sub>: 6Л × АН



F<sub>2</sub>: 134 6Л

341 6Л

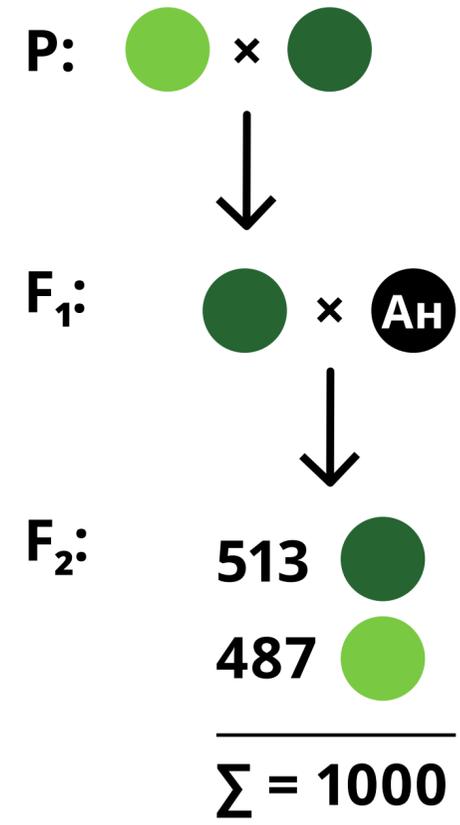
379 Л

146 Л

---

Σ = 1000

Цвет листьев



**A** — темно-зеленый **a** — зеленый

**1000 : 4 = 250**

**513 : 250 ≈ 2**

**487 : 250 ≈ 2**

$H_0: \boxed{1 : 1}$

	H	O	$\frac{(H - O)^2}{O}$	$\chi^2$
	513	500	0,338	0,676
	487	500	0,338	

$\chi^2 < \chi^2_{кр} \Rightarrow$  гипотеза не отвергается

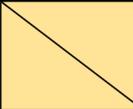
P: aa × AA

G:  a   A

F<sub>1</sub>: Aa × aa

G:  A  a   a

F<sub>2</sub>:  
1 Aa  
1 aa

	a
A	Aa
a	aa

Наличие лигулы

**P:** бЛ × Л



**F<sub>1</sub>:** бЛ × АН



**F<sub>2</sub>:**  
475 бЛ  
525 Л

---

**Σ = 1000**

**B** — без лигулы **b** — с лигулой

$1000 : 4 = 250$

$475 : 250 \approx 2$

$525 : 250 \approx 2$

$H_0: \boxed{1 : 1}$

	H	O	$\frac{(H - O)^2}{O}$	$\chi^2$
бл	475	500	1,250	2,500
л	525	500	1,250	

$\chi^2 < \chi^2_{кр} \Rightarrow$  гипотеза не отвергается

P: BB × bb

G: (B) ↓ (b)

F<sub>1</sub>: Bb × bb

G: (B) (b) ↓ (b)

F<sub>2</sub>:  
1 Bb  
1 bb

	b
B	Bb
b	bb

## Проверка сцепления генов

$$H_0: \boxed{1 : 1 : 1 : 1}$$

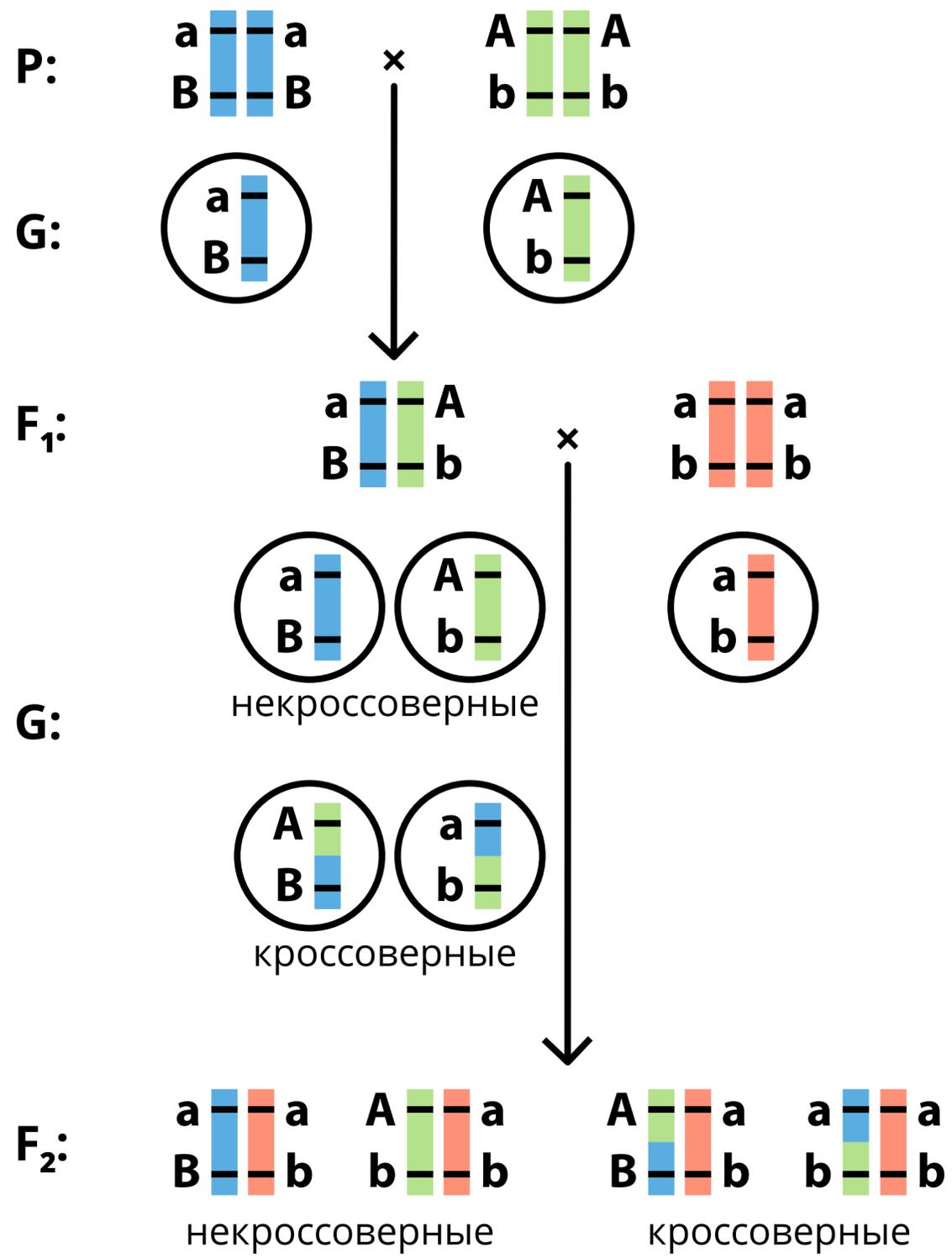
	Н	О	$\frac{(H - O)^2}{O}$	$\chi^2$
бл	134	250	53,824	196,776
бл	341	250	33,124	
л	379	250	66,564	
л	146	250	43,264	

$\chi^2 > \chi^2_{кр} \Rightarrow$  гипотеза отвергается

$\Rightarrow$  гены **A** и **B** сцеплены

кроссоверные особи	134	<b>AaBb</b>	некроссоверные особи
	379	<b>Aabb</b>	
	341	<b>aaBb</b>	
	146	<b>aabb</b>	
		$\Sigma = 1000$	

$$\%_{\text{кроссинговера}} = \frac{(134 + 146) \times 100\%}{1000} = 28\%$$



	$\begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$
некроссоверные	$\begin{matrix} A & a \\ b & b \end{matrix}$
	$\begin{matrix} a & a \\ B & b \end{matrix}$
кроссоверные	$\begin{matrix} A & a \\ B & b \end{matrix}$
	$\begin{matrix} a & a \\ b & b \end{matrix}$

## Задача №8

Гомозиготное стелющееся растение гороха с окрашенными цветками **С** скрещивается с гомозиготным кустистым растением с белыми цветками **К**. В  $F_2$  получилось следующее расщепление:

- 20 стелющихся с белыми цветками **К**
- 128 стелющихся с окрашенными цветками **С**
- 30 кустистых с белыми цветками **К**
- 22 кустистых с окрашенными цветками **К**

---

$\Sigma = 200$

Объясните результаты скрещиваний, определите генотипы исходных растений, генотип и фенотип растений  $F_1$ .

**P:**    **C** × **K**



**F<sub>1</sub>:**    **?**



**F<sub>2</sub>:**    20 **C**  
          128 **C**  
          30 **K**  
          22 **K**  
          

---

**Σ = 200**

Форма побега

**P:**    **C** × **K**



**F<sub>1</sub>:**    **?**



**F<sub>2</sub>:**    148 **C**

52 **K**

---

**Σ = 200**

Предположим моногенное отличие родительских форм

$$200 : 4 = 50$$

$$148 : 50 \approx 3$$

$$52 : 50 \approx 1$$

$$H_0: \boxed{3 : 1}$$

	H	O	$\frac{(H - O)^2}{O}$	$\chi^2$
С	148	150	0,027	0,107
К	52	50	0,080	

$\chi^2 < \chi^2_{кр} \Rightarrow$  гипотеза не отвергается.

Тип наследования: полное доминирование

**A<sub>-</sub>** — стелющиеся    **aa** — кустистые

P: AA × aa

G: (A) ↓ (a)

F<sub>1</sub>: Aa

G: (A) ↓ (a)

F<sub>2</sub>: 3 A<sub>-</sub>  
1 aa

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Окраска цветков

**P:**     ● × ○



**F<sub>1</sub>:**     ?



**F<sub>2</sub>:**     150 ●

50 ○

---

**Σ = 200**

Предположим моногенное отличие родительских форм

$$200 : 4 = 50$$

$$150 : 50 = 3$$

$$50 : 50 = 1$$

$$H_0: \boxed{3 : 1}$$

Тип наследования: полное доминирование

**B**<sub>-</sub> — окрашенные    **bb** — белые

P: **BB** × **bb**

G:  $\begin{matrix} \textcircled{B} & \downarrow & \textcircled{b} \end{matrix}$

F<sub>1</sub>: **Bb**

G:  $\begin{matrix} \textcircled{B} & \downarrow & \textcircled{b} \end{matrix}$

F<sub>2</sub>:  
3 **B**<sub>-</sub>  
1 **bb**

	<b>B</b>	<b>b</b>
<b>B</b>	<b>BB</b>	<b>Bb</b>
<b>b</b>	<b>Bb</b>	<b>bb</b>

## Анализ сцепления генов

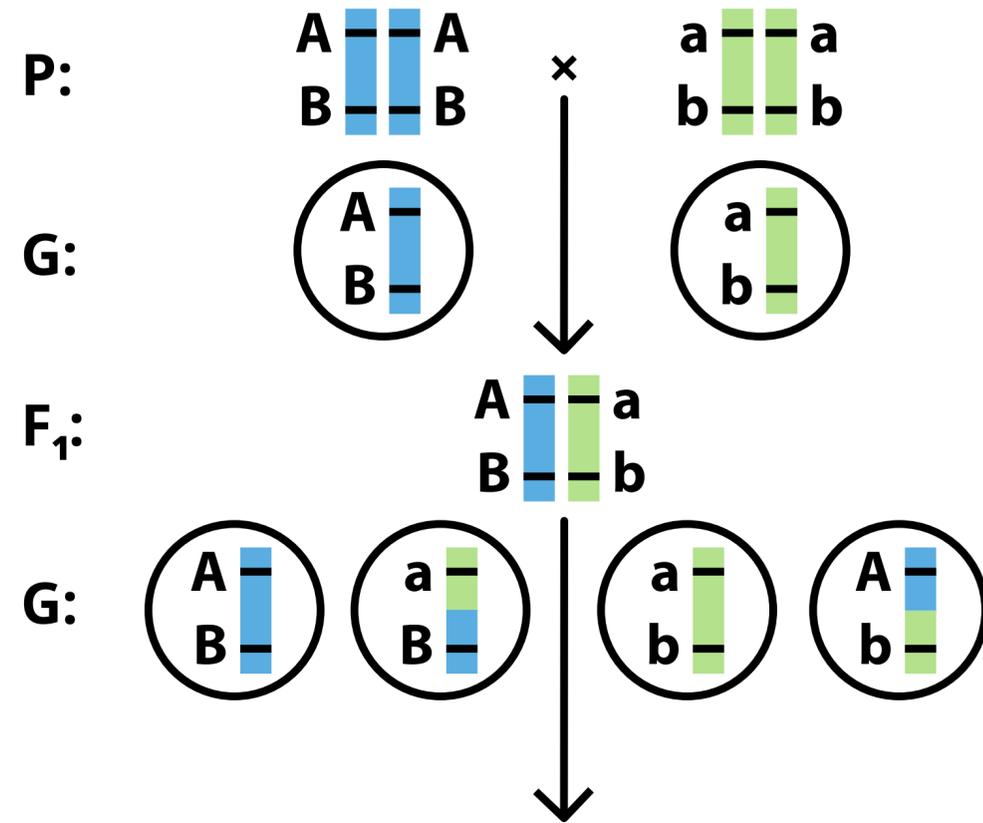
$$\left(\frac{3}{4} A\_ + \frac{1}{4} aa\right) \times \left(\frac{3}{4} B\_ + \frac{1}{4} bb\right) =$$

$$= \frac{9}{16} A\_B\_ + \frac{3}{4} A\_bb + \frac{3}{4} aaB\_ + \frac{1}{4} aabb$$

$$H_0: \boxed{9 : 3 : 3 : 1} \quad 200 : 16 = 12,5$$

	Н	О	$\frac{(H - O)^2}{O}$	$\chi^2$
С	20	37,5	8,167	41,21
С	128	112,5	2,136	
К	30	12,5	24,500	
К	22	37,5	6,407	

$\chi^2 > \chi_{кр}^2 \Rightarrow$  гипотеза отвергается  $\Rightarrow$  гены сцеплены



**F<sub>2</sub>:**

		некрссоверные		крссоверные	
некрссоверные					
крссоверные					

$$X \times X = X^2$$

Доля **aabb** (К):  $\frac{30}{200} = 0,15$

Доля гамет  $\begin{array}{|c|} \hline a \\ \hline b \\ \hline \end{array}$   $= \sqrt{0,15} = 0,387 = 38,7\%$

$\begin{array}{|c|} \hline A \\ \hline B \\ \hline \end{array}$   $= \begin{array}{|c|} \hline a \\ \hline b \\ \hline \end{array} = 38,7\%$

$\begin{array}{|c|} \hline 38,7 \\ \hline A \\ \hline B \\ \hline \end{array}$   $+ \begin{array}{|c|} \hline 38,7 \\ \hline a \\ \hline b \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline X \\ \hline A \\ \hline b \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline X \\ \hline a \\ \hline B \\ \hline \end{array} = 100\%$

$\begin{array}{|c|} \hline X \\ \hline A \\ \hline b \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline X \\ \hline a \\ \hline B \\ \hline \end{array} = 100\% - (38,7\% \times 2) = 22,6\% = \%_{\text{кроссинговера между генами A и B}}$

## Задача №9

У душистого горошка наличие усов доминирует над отсутствием, яркая окраска цветов – над бледной. Гены, контролирующие эти признаки, локализованы в одной хромосоме, расстояние между ними – **12%** кроссинговера.

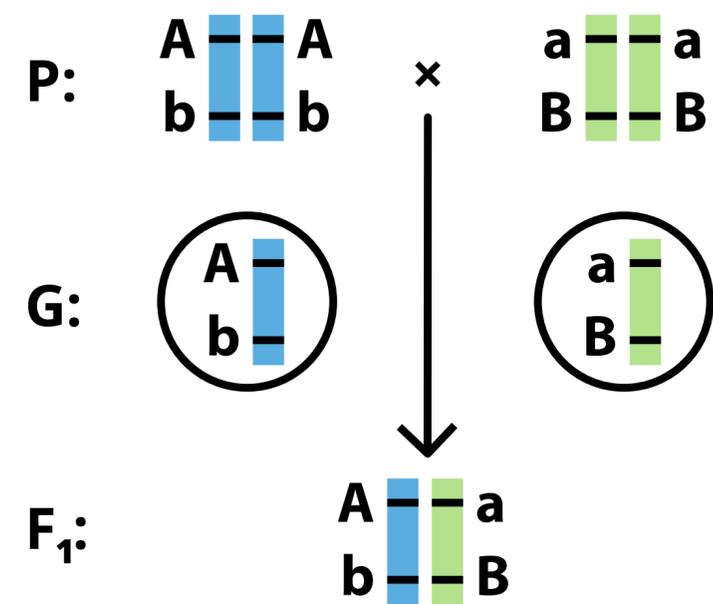
Какой фенотип и генотип будут иметь растения в  $F_1$  от скрещивания гомозиготных растений с усам и бледной окраской цветков **У** с растениями без усов и яркими цветками **бу**? Какое расщепление по фенотипу вы ожидаете получить в  $F_2$  этого скрещивания.

**A\_** — наличие усов

**aa** — отсутствие усов

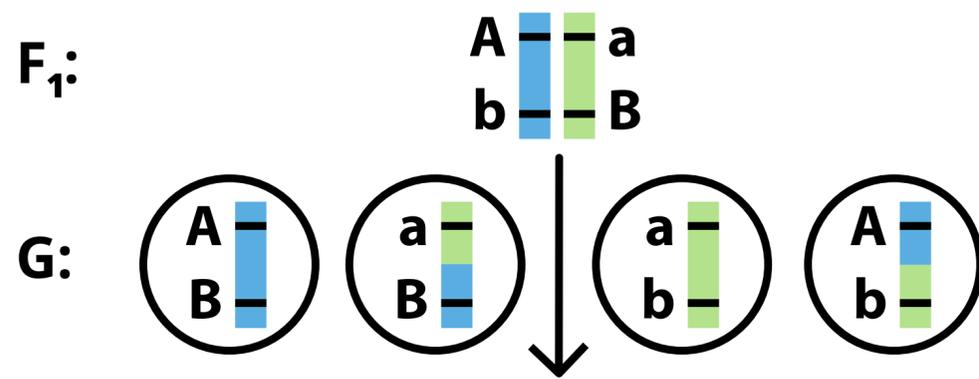
**B\_** — яркая окраска

**bb** — бледная окраска



наличие усов

и яркая окраска **у**



**F<sub>2</sub>:**

	0,44	0,44	0,06	0,06
0,44	<b>y</b> <b>0,1936</b>	<b>y</b> <b>0,1936</b>	<b>y</b> <b>0,0264</b>	<b>y</b> <b>0,0264</b>
0,44	<b>y</b> <b>0,1936</b>	<b>6y</b> <b>0,1936</b>	<b>y</b> <b>0,0264</b>	<b>6y</b> <b>0,0264</b>
0,06	<b>y</b> <b>0,0264</b>	<b>y</b> <b>0,0264</b>	<b>y</b> <b>0,0036</b>	<b>y</b> <b>0,0036</b>
0,06	<b>y</b> <b>0,0264</b>	<b>6y</b> <b>0,0264</b>	<b>y</b> <b>0,0036</b>	<b>6y</b> <b>0,0036</b>

**y** =  $0,1936 \times 2 + 0,0264 \times 4 + 0,0036 \times 3 = 0,5036 = 50,36\%$

**y** =  $0,1936 + 0,0264 \times 2 = 0,2464 = 24,64\%$

**6y** =  $0,1936 + 0,0264 \times 2 = 0,2464 = 24,64\%$

**6y** =  $0,0036 = 0,36\%$

**автор: Екатерина Черткова**

**редактор: Виктор Кириллов**

**научный руководитель: Алина Корбут**

**съёмка: Никита Ефимов**

**монтаж: Валерий Тангаев**

Производство «Дети и наука»

По заказу школы «Интеллектуал»

В рамках проекта «Школа Новых Технологий»

2016 год