

## Эпистатическое и полимерное взаимодействие генов

### ЗАДАНИЕ 1. Ознакомиться с понятием эпистатическое взаимодействие генов

**Эпистаз** – взаимодействие неаллельных генов, при котором действие аллеля из одной пары подавляется действием аллеля из другой пары хромосом.

Подавляющий ген называется **эпистатическим**, подавляемый — **гипостатическим**.

Если эпистатический ген не имеет собственного фенотипического проявления, то он называется **ингибитором** и обозначается буквой I. Обычно в рецессивном состоянии данный ген не оказывает ингибирующего действия на проявление признака.

Эпистатическое взаимодействие неаллельных генов может быть доминантным и рецессивным. При **доминантном эпистазе** проявление гипостатического гена (В, b) подавляется доминантным эпистатическим геном ( $I > B, b$ ). Расщепление по фенотипу при доминантном эпистазе может происходить в соотношении 12:3:1, 13:3.

**Рецессивный эпистаз** – это подавление рецессивным аллелем эпистатического гена аллелей гипостатического гена ( $ii > B, b$ ). Расщепление по фенотипу может идти в соотношении 9:3:4, 9:7.

Эпистатическое взаимодействие генов по своему характеру противоположно комплементарному взаимодействию. При эпистазе фермент, образующийся под контролем одного гена, полностью подавляется или нейтрализует действие фермента, контролируемого другим геном.

### ЗАДАНИЕ 2. Решить типовую задачу на эпистаз.

**Установить характер наследования признака в  $F_1, F_2$  и выявить факт эпистатического взаимодействия генов**

#### Задача.

У тыквы доминантный аллель гена А обуславливает желтую окраску плодов, аллель а – зеленую. Эпистатический ген В подавляет проявление окраски, и растения имеют белые плоды. Аллель b не влияет на проявление окраски.

Скрещивали растение с белыми плодами и генотипом ААВВ с растением, имеющим зеленые плоды. В  $F_1$  получили 120 растений, в  $F_2$  – 1440.

1. Сколько растений  $F_1$  могли иметь белую окраску плодов?
2. Сколько разных фенотипических классов могло быть в  $F_2$ ?
3. Сколько растений  $F_2$  могли иметь желтые плоды?
4. Сколько растений  $F_2$  могли иметь зеленые плоды?
5. Сколько гомозиготных растений  $F_2$  могли иметь белые плоды?

#### Решение.

##### Тыква

Окраска плодов.

А – желтые;

а – зеленые;

$B > A$ , а – белые;

b – не влияет.

F<sub>1</sub> – 120 растений.

F<sub>2</sub> – 1440 растений.

белая                      зеленая  
P ♀ AABV × ♂ aabb

G      (AB)              (ab)

белая  
F<sub>1</sub> ♀ AaBb × ♂ AaBb

G      (AB)              (AB)  
         (Ab)              (Ab)  
         (aB)              (aB)  
         (ab)              (ab)

F <sub>2</sub>	A_B_	белая	9	} 16 частей (1440 растений)
	A_bb	желтая	3	
	aaB_	белая	3	
	aabb	зеленая	1	

На 1 часть приходится 90 растений (1440 растений F<sub>2</sub> : 16 частей).

**Ответы:**

1. 120 растений.
2. 3 фенотипических класса: белые, желтые, зеленые.
3. 270 растений (3 части · 90 растений).
4. 90 растений (1 часть · 90 растений).
5. 180 растений с генотипами AABV и aaBV (2 части · 90 растений).

### ЗАДАНИЕ 3. Ознакомиться с понятием некумулятивное полимерное взаимодействие генов

**Полимерным взаимодействием генов (полимерией)** называется однозначное влияние двух, трех или более неаллельных генов на развитие одного и того же признака. Такие гены называются полимерными, или множественными, и обозначаются одинаковыми буквами с соответствующим индексом – A<sub>1</sub>A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>A<sub>2</sub>A<sub>3</sub>A<sub>3</sub> или a<sub>1</sub>a<sub>1</sub>a<sub>2</sub>a<sub>2</sub>a<sub>3</sub>a<sub>3</sub>.

При полимерии два или несколько ферментов, образующихся под контролем неаллельных генов, действуют на развитие одного и того же признака, усиливая его проявление.

Полимерия была открыта и подробно изучена Нильсоном-Эле в 1908 г. Это явление распространено очень широко. Полимерные гены контролируют практически все хозяйственно ценные свойства и признаки культурных растений и животных: высоту растений, продолжительность вегетационного периода, массу 1000 плодов и семян, маслячность и содержание белка в семянках подсолнечника, длину волокна у льна, содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы.

Полимерные гены могут иметь:

- кумулятивный (суммирующий) эффект,

– некумулятивный эффект.

При **некумулятивной полимерии** развитие признака обуславливается наличием в генотипе любого числа соответствующих доминантных аллелей полимерных генов. При этом достаточно одного доминантного аллеля полимерных генов для фенотипического проявления признака.

Разные количественные признаки могут контролироваться разным числом пар полимерных генов, их может быть 2, 3, 4 и более. В этом случае расщепление гибридов  $F_2$  будет соответствовать 15:1, 63:1, 255:1.

Примером некумулятивной полимерии может служить наследование формы плода (стручка) у растений пастушьей сумки.

**ЗАДАНИЕ 4. Решить типовую задачу на некумулятивную полимерию.  
Установить характер наследования признака в  $F_1$ ,  $F_2$  и выявить факт полимерного некумулятивного взаимодействия генов**

**Пример.**

У пастушьей сумки *Capsella bursa pastoris* известны растения двух разновидностей, четко различающихся по форме плодов (стручков). Одна разновидность (генотип  $a_1a_1a_2a_2$ ) характеризуется овальной формой плодов, другая (в генотипе имеется хотя бы один доминантный аллель из двух пар полимерных некумулятивных генов) – треугольной формой плодов.

Скрещивали между собой растения со стручками треугольной формы (данные гены в доминантном состоянии) и овальной. В  $F_1$  получили 122 растения, в  $F_2$  – 640.

1. Сколько растений  $F_1$  могли иметь плоды треугольной формы?
2. Сколько разных фенотипов могли иметь растения  $F_2$ ?
3. Сколько разных генотипов могли иметь растения?
4. Сколько растений  $F_2$  могли иметь плоды овальной формы?
5. Сколько растений  $F_2$  могли иметь плоды треугольной формы и давать нерасщепляющееся потомство в последующих поколениях?

**Решение.**

Пастушья сумка

Форма плодов

A – треугольная форма;

a – овальная.

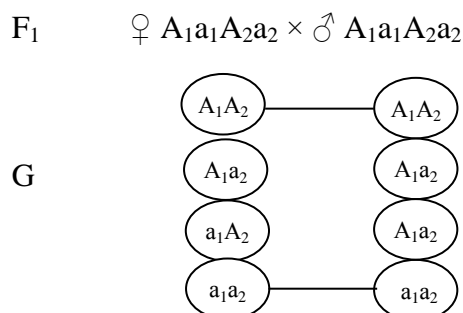
$F_1$  – 122 растения.

$F_2$  – 640 растений.

1. Составляем схему скрещивания исходных родительских компонентов и получаем гибрид  $F_1$ .

$$\begin{array}{l} \text{треугольная} \qquad \qquad \text{овальная} \\ P \quad \text{♀} \quad A_1A_1A_2A_2 \times \text{♂} \quad a_1a_1a_2a_2 \\ G \quad \text{⊖} \quad \text{⊖} \\ \qquad \text{⊖} \quad A_1A_2 \qquad \qquad \text{⊖} \quad a_1a_2 \\ \qquad \qquad \qquad \text{треугольная} \\ F_1 \quad \text{♀} \quad A_1a_1A_2a_2 \end{array}$$

2. Составляем схему получения гибридов F<sub>2</sub>.



3. Выписываем гаметы и получаем возможные генотипы F<sub>2</sub>: при слиянии гамет, несущих по два доминантных гена, получаем генотип с четырьмя доминантными генами – 4А, при слиянии гамет, несущих по два рецессивных гена, получаем генотип с четырьмя рецессивными генами – 4а. Также возможны генотипы 3А+1а, 2А+2а, 1А+3а.

Расщепление гибридов F<sub>2</sub> по генотипу и фенотипу с описанием генотипических классов и частотой встречаемости гамет в решетке Пеннета приведено в табл. 1.

Таблица 1 Расщепление гибридов F<sub>2</sub> при некумулятивном взаимодействии двух пар полимерных генов.

Количество доминантных генов	Фенотипический класс	Генотипический класс	Гаметы	Частота встречаемости генотипов	
4А	треугольные	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	1	
3А+1а	треугольные	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> a <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	2	
		A <sub>1</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub>		2
2А+2а	треугольные	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	1	
		a <sub>1</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> A <sub>2</sub>		1
		A <sub>1</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> a <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> a <sub>1</sub> a <sub>2</sub>		4
1А+3а	треугольные	A <sub>1</sub> a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	2	
		A <sub>1</sub> a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> A <sub>2</sub> a <sub>1</sub> a <sub>2</sub>		2
4а	овальные	a <sub>1</sub> a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	1	

Сокращенная схема выглядит так:

F <sub>2</sub>	4А	треугольная	1	16 частей (640 растений)
	3А+1а	треугольная	4	
	2А+2а	треугольная	6	
	1А+3а	треугольная	4	
	4а	овальная	1	

На 1 часть приходится 40 растений (640 растений F<sub>2</sub> : 16 частей).

**Ответы:**

1. 122 растения  $F_1$  будут иметь треугольную форму плодов.
2. 2 фенотипа: треугольные и овальные плоды.
3. 9 генотипов:  $A_1A_1A_2A_2$ ,  $A_1A_1A_2a_2$ ,  $A_1a_1A_2A_2$ ,  $A_1A_1a_2a_2$ ,  $a_1a_1A_2A_2$ ,  $A_1a_1A_2a_2$ ,  $A_1a_1a_2a_2$ ,  $A_1a_1a_2a_2$ ,  $a_1a_1a_2a_2$ .
4. 40 растений  $F_2$  будут иметь плоды овальной формы ( $a_1a_1a_2a_2$ ).
5. 120 растений  $F_2$  будут иметь плоды треугольной формы и давать нерасщепляющееся потомство ( $A_1A_1A_2A_2$ ,  $A_1A_1a_2a_2$ ,  $a_1a_1A_2A_2$ ).

**ЗАДАНИЕ 5. Ознакомиться с понятием кумулятивное полимерное взаимодействие генов**

При *кумулятивной (накопительной) полимерии* степень проявления признака зависит от суммирующего действия генов. Чем больше доминантных аллелей генов, тем сильнее выражен тот или иной признак.

По этому типу наследуются все количественные признаки – рост, масса, число колосков и другие, т. е. признаки, которые можно измерить и подсчитать.

Расщепление  $F_2$  по фенотипу происходит в соотношении:

- 1:4:6:4:1 при взаимодействии двух пар полимерных генов;
- 1:6:15:20:15:6:1 – трех пар полимерных генов.

В случае кумулятивной полимерии в гибриде  $F_2$  не выщепляются резко отличающиеся друг от друга качественно различные классы, а наблюдаются:

- постепенные переходы в выражении признака;
- накопление доминантных генов в генотипе ведет к суммированию того или иного свойства.

У гибридов  $F_2$  наблюдается непрерывный ряд изменчивости признака и трансгрессии (рис. 1).

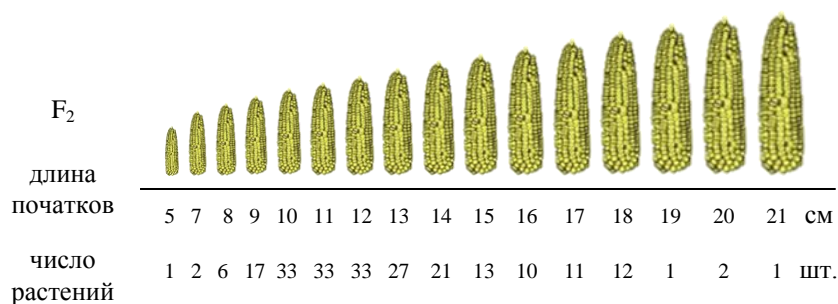


Рисунок 1. Ряд изменчивости и трансгрессии у гибридов  $F_2$  кукурузы.

**Трансгрессия** – выщепление в  $F_2$  потомков с более сильным или более слабым выражением признака, чем у каждой из родительских форм и гибридов  $F_1$  и дающих в дальнейшем нерасщепляющееся потомство.

Появление растений с более ценным выражением признака называется *положительной*, с менее ценным – *отрицательной трансгрессией*.

Сущность явления трансгрессии состоит в том, что при скрещивании организмов, отличающихся друг от друга по количественному выражению определенного признака, в ги-

бридных потомствах появляются устойчивые (константные) формы с более сильным выражением соответствующего признака, чем это было у обеих родительских форм.

Проявление полимерных признаков в значительной мере определяется условиями развития организма. Так, величина клубней картофеля, початков кукурузы, величина урожая или длина стеблей льна в значительной мере определяются количеством и качеством вносимых удобрений, количеством и своевременностью выпадения осадков.

Примером наследования признаков, обусловленных кумулятивными полимерными генами, может служить наследование длины початка у кукурузы и окраски зерновки у пшеницы.

**ЗАДАНИЕ 6. Решить типовую задачу на кумулятивную полимерию. Установить характер наследования признака в F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> и выявить факт кумулятивного взаимодействия двух или трех пар полимерных генов**

**Пример.**

У кукурузы длина початка обусловлена двумя парами полимерных кумулятивных генов, каждый из которых имеет однозначное действие. Предположим, что каждый доминантный ген обуславливает 5 см, а рецессивный ген – 2 см длины початка.

Скрещивали две гомозиготные линии кукурузы с длиной початков 14 см. В F<sub>1</sub> получили 160 растений, которые от самоопыления дали 960 гибридов F<sub>2</sub>.

1. Какую длину початка могли иметь растения F<sub>1</sub>?
2. Сколько разных фенотипов может быть в F<sub>2</sub>?
3. Какую длину початка могут иметь растения, в генотипе которых содержится три доминантных гена? Сколько таких растений может быть в F<sub>2</sub>?
4. Какую длину початка могут иметь растения с одним доминантным геном?
5. Сколько в F<sub>2</sub> может быть нерасщепляющихся (трансгрессивных) растений, имеющих более длинный початок, чем гибрид F<sub>1</sub>?

**Решение.**

Кукуруза

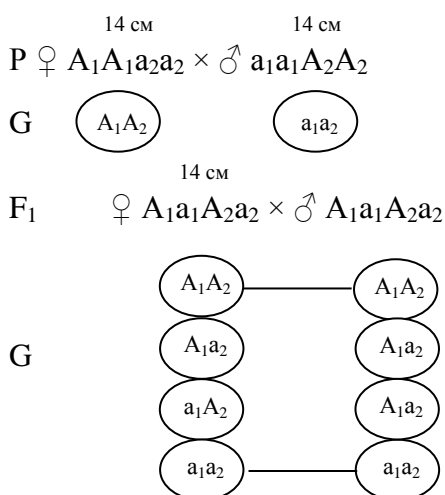
Длина початка (контролируется 4 генами)

1A – 5 см длины;

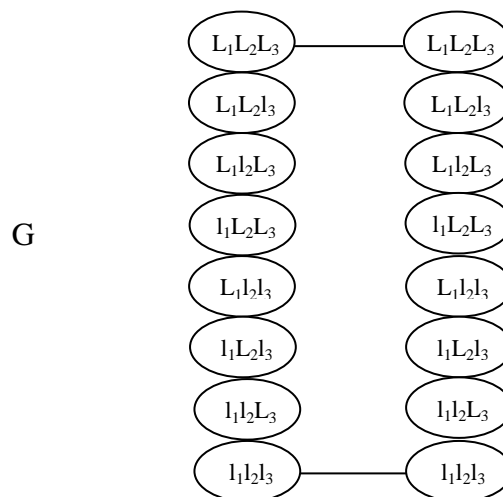
1a – 2 см длины.

F<sub>1</sub> – 160 растения.

F<sub>2</sub> – 960 растений.







Характер расщепления гибридов  $F_2$  при кумулятивном взаимодействии трех пар генов представлен в табл. 2. Краткую запись оформляем так:

$F_2$	6A	120 см	1	}	64 части (64 растения)
	5A+1a	103 см	6		
	4A+2a	86 см	15		
	3A+3a	69 см	20		
	2A+4a	52 см	15		
	1A+5a	35 см	6		
	6a	18 см	1		

На 1 часть приходится 1 растение (64 растения  $F_2$  : 64 части).

**Ответы:**

1. Растения  $F_1$  будут иметь высоту 69 см.
2. В  $F_2$  может быть 7 фенотипов: 120 см, 103, 86, 69, 52, 35, 18 см.
3. Высоту 69 см имеют растения с генотипом  $L_1L_1L_2l_2l_3l_3$ .
4. 22 растения имеют высоту менее 60 см:  $(15+6+1 \text{ части}) \cdot 1 \text{ растение}$ .
5. Нерасщепляющееся потомство могут давать 4 растения с генотипами  $L_1L_1l_2l_2l_3l_3$ ,  $l_1l_1L_2L_2l_3l_3$ ,  $l_1l_1l_2l_2L_3L_3$ ,  $l_1l_1l_2l_2l_3l_3$ .

МАТЕРИАЛ

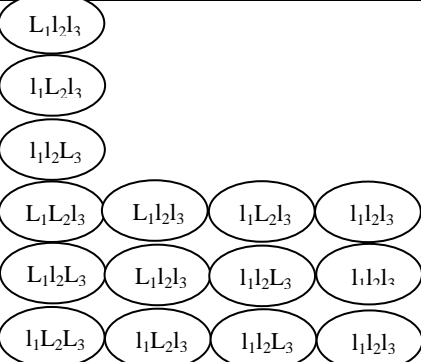
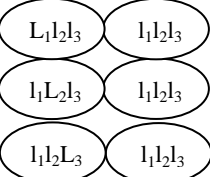
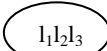
1. Стенд с характером наследования окраски цветочных чешуй у овса.
2. Стенд с характером наследования окраски зерновки у пшеницы.
3. Стенд с характером наследования длины початка у кукурузы.
4. Карточки с индивидуальными заданиями.
5. Тестовые задания по теме.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Расскажите о взаимодействии генов по типу эпистаза.
2. Что такое доминантный и рецессивный эпистаз?

Таблица 2. Расщепление гибридов F<sub>2</sub> при кумулятивном взаимодействии трех пар полимерных генов.

Количество доминантных генов	Фенотипический класс	Генотипический класс	Гаметы	Частота встречаемости генотипа
6L	120 см	L <sub>1</sub> L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub>	1
5L+1l	103 см	L <sub>1</sub> L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>3</sub>	2 2 2
		L <sub>1</sub> L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>1</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub>	
		L <sub>1</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub>	
4L+2l	86 см	L <sub>1</sub> L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>2</sub> l <sub>3</sub> l <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>3</sub>	1 1 1 4 4 4
		L <sub>1</sub> L <sub>1</sub> l <sub>2</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub>	
		l <sub>1</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>3</sub>	l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub>	
		L <sub>1</sub> L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>3</sub> L <sub>1</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>1</sub> l <sub>2</sub> l <sub>3</sub>	
		L <sub>1</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>3</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>3</sub>	
		L <sub>1</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>1</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>1</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub>	
3L+3l	69 см	L <sub>1</sub> L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>2</sub> l <sub>3</sub> l <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>3</sub> L <sub>1</sub> l <sub>2</sub> l <sub>3</sub>	2 2 2 2 2 2 2 8
		L <sub>1</sub> L <sub>1</sub> l <sub>2</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>1</sub> l <sub>2</sub> l <sub>3</sub>	
		L <sub>1</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>2</sub> l <sub>3</sub> l <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>3</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>3</sub>	
		l <sub>1</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>3</sub>	l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>3</sub>	
		L <sub>1</sub> l <sub>1</sub> l <sub>2</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>1</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub>	
		l <sub>1</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>3</sub>	l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>1</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub>	
		L <sub>1</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>3</sub> L <sub>1</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub> L <sub>1</sub> l <sub>2</sub> l <sub>3</sub> l <sub>1</sub> L <sub>2</sub> l <sub>3</sub> l <sub>1</sub> l <sub>2</sub> L <sub>3</sub> l <sub>1</sub> l <sub>2</sub> l <sub>3</sub>	

1	2	3	4	5
2L+4l	52 см	$L_1L_1l_2l_2l_3l_3$ $l_1l_1L_2L_2l_3l_3$ $l_1l_1l_2l_2L_3L_3$ $L_1l_1L_2l_2l_3l_3$ $L_1l_1l_2l_2L_3l_3$ $l_1l_1L_2l_2L_3l_3$		1 1 1 4 4 4 15
1L+5l	35 см	$L_1l_1l_2l_2l_3l_3$ $l_1l_1L_2l_2l_3l_3$ $l_1l_1l_2l_2L_3l_3$		2 2 2 6
6l	18 см	$l_1l_1l_2l_2l_3l_3$		1

3. Приведите примеры расщепления гибридов  $F_2$  в соотношении 13:3.
4. Приведите примеры расщепления гибридов  $F_2$  в соотношении 12:3:1.
5. Приведите примеры расщепления гибридов  $F_2$  при рецессивном эпистазе.
6. Расскажите о взаимодействии генов по типу полимерии.
7. Что такое некумулятивная и кумулятивная полимерия?
8. Приведите примеры расщепления гибридов  $F_2$  при некумулятивной полимерии.
9. Приведите примеры расщепления гибридов в  $F_2$  при кумулятивной полимерии.
10. Что такое трансгрессия?

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

### *Наследование признаков при эпистатическое взаимодействие генов*

1. У пшеницы остистость наследуется по типу эпистаза. Ген А определяет развитие остистости, ген а – безостости. Ген В действует как ингибитор остистости, а ген b не влияет на развитие остистости.

При скрещивании растения, имеющего генотип ААВВ, с растением, имеющим генотип ааbb, в  $F_1$  было получено 18 растений, а в  $F_2$  – 192 растения.

1. Сколько растений  $F_1$  были безостыми?
2. Сколько разных фенотипов было в  $F_2$ ?
3. Сколько растений в  $F_2$  были остистыми?
4. Сколько растений в  $F_2$  были безостыми?
5. Сколько растений  $F_2$  были безостыми и по обоим генам гомозиготными?

2. У некоторых сортов ячменя яровой тип развития наследуется по типу эпистаза. Ген А обуславливает яровой тип развития растения, ген а – озимый тип. Ген-ингибитор В подавляет развитие яровости, ген b на проявление признака влияния не оказывает.

При скрещивании сорта, имеющего генотип ААВВ, с сортом, имеющим генотип ааbb, было получено 10 растений  $F_1$ , от самоопыления которых было получено 112 растений  $F_2$ .

1. Сколько растений  $F_1$  имели озимый тип развития?
2. Сколько разных генотипов в  $F_2$  обуславливали озимый тип развития?
3. Сколько разных генотипов в  $F_2$  обуславливали яровой тип развития?
4. Сколько растений в  $F_2$  развивались по озимому типу?
5. Сколько растений в  $F_2$  развивались по яровому типу?

3. У кукурузы окраска зерновки обуславливается эпистатическим взаимодействием генов. Ген А контролирует проявление пурпурной окраски, рецессивный аллель а – белой. Эпистатический ген В подавляет проявление пурпурной окраски, ген b не влияет на проявление окраски.

При скрещивании линий, имеющих генотипы ААВВ и ааbb, получили 80 растений  $F_1$ , от самоопыления которых получили 1280 зерновок  $F_2$ .

1. Сколько растений  $F_1$  могли иметь белую окраску зерновки?
2. Сколько разных фенотипов может быть в  $F_2$ ?
3. Сколько зерновок  $F_2$  могли иметь пурпурную окраску?
4. Сколько зерновок, имеющих белую окраску, могли давать нерасщепляющееся

потомство по этому признаку?

5. Сколько зерновок  $F_2$  могли иметь белую окраску?

4. У льна форма лепестков контролируется эпистатическим взаимодействием генов. Ген А обуславливает гофрированную форму лепестков, ген а – гладкую, Эпистатический ген I подавляет действие гена А, а ген i не оказывает влияния на форму лепестков.

При скрещивании гомозиготных растений, имеющих генотип ПАА, с растениями, имеющими гладкие лепестки и генотип ііаа, получили 196 растений  $F_1$ , от самоопыления которых получили 640 гибридов  $F_2$ .

1. Сколько разных фенотипов может быть в  $F_1$ ?
2. Сколько растений  $F_1$  могли иметь гладкие лепестки?
3. Сколько разных фенотипов могло быть в  $F_2$ ?
4. Сколько растений в  $F_2$  могли иметь гофрированную форму лепестков?
5. Сколько из них в последующих поколениях могли давать нерасщепляющееся потомство?

5. У лука пурпурная окраска чешуй обусловлена доминантным аллелем гена Р, а белая – рецессивным аллелем р. В присутствии гена-ингибитора I пурпурная окраска чешуй не проявляется. Рецессивный аллель i не оказывает влияния на проявление окраски.

При скрещивании гомозиготного растения, имеющего белую окраску чешуй и генотип ПРР, с растением, имеющим генотип іірр, получили 190 растений  $F_1$ , от самоопыления которых сформировалось 3200 растений  $F_2$ .

1. Сколько разных фенотипов могли иметь растения  $F_1$ ?
2. Сколько растений  $F_2$  могут иметь в генотипе аллель пурпурной окраски чешуй, не реализованный в фенотипе?
3. Сколько растений  $F_2$  могут иметь пурпурную окраску чешуй?
4. Сколько из них могут давать нерасщепляющееся потомство?
5. Сколько растений, имеющих белую окраску чешуй, могут давать нерасщепляющееся потомство?

6. Окраска зерна у некоторых сортов овса наследуется по типу эпистаза. Ген А обуславливает черную окраску зерна, а ген В – серую окраску. Ген А эпистатичен по отношению к гену В. Рецессивные аллели этих генов в гомозиготном состоянии дают белую окраску зерна.

При скрещивании растений, имеющих генотип АаВв, с растениями, имеющими генотип ааbb, было получено 36 растений в  $F_2$ .

1. Сколько разных фенотипов будет в  $F_2$ ?
2. Сколько разных генотипов будет в  $F_2$ ?
3. Сколько растений будут иметь черную окраску зерна?
4. Сколько растений будут иметь серую окраску зерна?
5. Сколько растений будут иметь белую окраску зерна?

7. У хлопчатника доминантный аллель гена В обуславливает коричневую окраску волокна, аллель b – белую. Ген А подавляет проявление коричневой и белой окраски и обу-

словливает зеленую окраску волокна. Рецессивный аллель  $a$  не оказывает влияния на проявление окраски волокна.

Скрещивали между собой растения, имеющие генотипы  $aaBB$  и  $AAbb$ . В  $F_1$  получили 152 растения, в  $F_2$  – 960 растений.

1. Сколько растений  $F_1$  могли иметь зеленую окраску волокна?
2. Сколько разных фенотипических классов может быть в  $F_2$ ?
3. Сколько растений  $F_2$  могли иметь белую окраску волокна и давать нерасщепляющееся потомство?
4. Сколько растений  $F_2$  могли иметь зеленую окраску волокна?
5. Сколько растений  $F_2$  имеющих зеленую окраску, могли при самоопылении давать нерасщепляющееся потомство?

8. У картофеля доминантный аллель гена  $As$  обуславливает нормальный синтез антоциана, красно-фиолетовую окраску клубней и цветков, рецессивный аллель – белую окраску цветков и клубней. Ген  $I$  ингибирует образование антоциана в клубнях, но не препятствует его синтезу в цветках, которые имеют красно-фиолетовую окраску. Аллель  $i$  на проявление окраски влияния не оказывает.

Белоклубневое гомозиготное растение картофеля с красно-фиолетовыми цветками скрещивали с растением, у которого были белые цветки, клубни и генотип  $iiAaSc$ . В  $F_1$  получили 85 растений, в  $F_2$  – 480 растений.

1. Сколько типов гамет может образовать растение  $F_1$ ?
2. Сколько растений  $F_2$  могли иметь белые клубни, красно-фиолетовые цветки и давать нерасщепляющееся потомство?
3. Сколько растений  $F_2$  могли иметь белую окраску клубней и цветков?
4. Сколько разных фенотипических классов могло быть в  $F_2$ ?
5. Сколько растений  $F_2$  могли иметь красно-фиолетовую окраску клубней и цветков?

9. У некоторых сортов клещевины основной фон окраски семян может быть коричневым, серым и беловатым. Ген  $P$  обуславливает коричневую окраску семян и является эпистатичным по отношению к гену  $A$ , детерминирующему серую окраску семян. Рецессивный аллель  $a$  обуславливает беловатую окраску, а аллель  $p$  не оказывает влияния на окраску семян.

Скрещивали гомозиготное растение, имеющее коричневую окраску семян и генотип  $PPAA$ , с растением, имеющим беловатые семена. В  $F_1$  получили 172 растения, в  $F_2$  – 1440 растений.

1. Сколько растений  $F_1$  могли иметь коричневую окраску семян и дать нерасщепляющееся по данному признаку потомство?
2. Сколько растений  $F_2$  могли иметь коричневую окраску семян и дать нерасщепляющееся потомство?
3. Сколько растений  $F_2$  могли иметь серые семена?
4. Сколько растений  $F_2$  с серыми семенами могли давать нерасщепляющееся потомство?
5. Сколько растений  $F_2$  могли иметь беловатые семена?

10. У тыквы доминантный аллель гена А обуславливает желтую окраску плодов, аллель а – зеленую. Эпистатичный ген В подавляет проявление окраски, и растения имеют белые плоды. Аллель b не влияет на проявление окраски.

Скрещивали растение с белыми плодами и генотипом ААВВ, с растением, имеющим зеленые плоды. В F<sub>1</sub> получили 50 растений, в F<sub>2</sub> – 482 растения.

1. Сколько растений F<sub>1</sub> могли иметь белую окраску плодов?
2. Сколько разных фенотипических классов могло быть в F<sub>2</sub>?
3. Сколько растений F<sub>2</sub> могли иметь желтые плоды?
4. Сколько растений F<sub>2</sub> могли иметь зеленые плоды?
5. Сколько гомозиготных растений F<sub>2</sub> могли иметь белые плоды?

*Наследование признаков при полимерном взаимодействии генов*

11. У гексаплоидной пшеницы яровой и озимый образ жизни обуславливается двумя парами полимерных генов Vrn<sub>1</sub> и Vrn<sub>2</sub> без кумулятивного действия. Яровой образ жизни контролируется доминантными генами, озимый – рецессивными генами.

От скрещивания гомозиготного сорта озимой пшеницы с гомозиготным сортом яровой пшеницы было получено 120 растений F<sub>1</sub> при весеннем посеве. Гибриды F<sub>2</sub> выращивали при посеве весной в количестве 960 растений.

1. Сколько разных фенотипов может быть в F<sub>2</sub>?
2. Сколько разных генотипов может быть в F<sub>2</sub>?
3. Сколько растений в F<sub>2</sub> могут быть яровыми?
4. Сколько растений с яровым образом жизни дадут в последующем нерасщепляющееся потомство?
5. Сколько растений в F<sub>2</sub> могут быть озимыми?

12. У самоопыленных линий кукурузы длина початков определяется двумя парами полимерных генов L<sub>1</sub> и L<sub>2</sub> с кумулятивным эффектом. Установлено, что один доминантный ген L обуславливает 6 см длины початка, рецессивный ген 3 см.

От скрещивания двух гомозиготных линий, одна из которых имеет все доминантные гены, другая – все рецессивные, было получено 112 гибридов F<sub>1</sub>. От скрещивания этих растений было получено 1040 гибридов F<sub>2</sub>.

1. Сколько и каких типов гамет могут образовать растения F<sub>1</sub>?
2. Какое расщепление по фенотипу может быть в F<sub>2</sub>?
3. Сколько растений в F<sub>2</sub> могут быть гомозиготами по доминантным генам?
4. Сколько растений будут иметь наименьший размер початков?
5. Какой генотип контролирует наибольший размер початков?

13. Плотность колоса у твердой пшеницы определяется двумя парами полимерных генов D<sub>1</sub> и D<sub>2</sub>, действующих кумулятивно. Известно, что плотность колоса определяется количеством колосков на 10 см длины колосового стержня. Установлено, что один доминантный ген D обуславливает формирование 4 колосков, рецессивный ген – 2 колосков.

Растения гомозиготного по доминантным генам сорта были скрещены с сортом гомозиготным по рецессивным генам. В  $F_1$  было получено 110 гибридных растений. От самоопыления растений  $F_1$  было получено 1760 гибридов  $F_2$ .

1. Сколько и каких типов гамет могли формировать растения  $F_1$ ?
2. Какое фенотипическое расщепление может быть в  $F_2$ ?
3. Какое количество колосков могли сформировать самые плотные колосья растений  $F_2$ ?
4. Какое количество колосков могли сформировать рыхлые колосья растений в  $F_2$ ?
5. Сколько разных генотипов было в  $F_2$ ?

14. Содержание витамина А в эндосперме зерновки зависит от числа доминантных аллелей гена У. Клетки эндосперма триплоидные, поэтому могут содержать один, два или три доминантных аллеля гена У. Если в генотипе все три гена содержатся в доминантном состоянии, то количество витамина А (в единицах активности) соответствует 6. Следовательно, действие одной дозы доминантного гена примерно равно двум единицам активности. С увеличением числа доминантных аллелей их действие суммируется.

Линию кукурузы, в эндосперме которой практически не содержалось витамина А, опыляли пылью линии, в эндосперме которой было 6 единиц активности витамина А. Было получено 50 растений  $F_1$ , которые после самоопыления дали в  $F_2$  800 растений.

1. Сколько единиц активности витамина А может содержать эндосперм зерновки  $F_1$ ?
2. Сколько зерновок  $F_2$  могут содержать четыре единицы активности витамина А?
3. Сколько зерновок  $F_2$  могут содержать в эндосперме шесть единиц активности витамина А?
4. Сколько зерновок  $F_2$  могут практически не содержать в эндосперме витамина А?
5. Сколько единиц активности витамина А могут содержать зерновки, завязавшиеся в год скрещивания материнской особи, имеющей генотип УУ, с отцовской, имеющей генотип уу?

15. У кукурузы длина початка обусловлена двумя парами полимерных генов, каждый из которых имеет однозначное действие. Предположим, что каждый доминантный ген обуславливает 5 см, а рецессивный ген – 2 см длины початка.

Скрещивали две гомозиготные линии кукурузы, одна из которых имела длину початка 8 см, а другая – 20 см. В  $F_1$  получили 55 растений, которые от самоопыления дали 896 гибридов  $F_2$ .

1. Какую длину початка могли иметь растения  $F_1$ ?
2. Сколько разных фенотипов может быть в  $F_2$ ?
3. Какую длину початка могут иметь растения, в генотипе которых содержится три доминантных гена?
4. Сколько таких растений может быть в  $F_2$ ?
5. Какую длину початка могут иметь растения с одним доминантным геном?

16. В результате исследования нескольких тысяч растений одного сортообразца ржи была обнаружена сильная изменчивость по опушенности стебля (от 60 волосков на  $1\text{см}^2$  до полного отсутствия опушения). Предположим, что эта изменчивость обусловлена тремя парами полимерных генов с кумулятивным действием. В доминантном гомозиготном или гетерозиготном состоянии каждый из них детерминирует развитие 10 волосков на  $1\text{см}^2$  стебля.

При скрещивании гомозиготных растений, имеющих опушенность стебля 40 волосков на  $1\text{см}^2$  и генотипы  $A_1A_1A_2A_2a_3a_3 \times a_1a_1A_2A_2A_3A_3$ , получили в  $F_1$  47 растений, в  $F_2$  – 144 растения.

1. Какова может быть опушенность стебля у растений  $F_1$ ?
2. Сколько разных генотипов может быть в  $F_2$ ?
3. Сколько разных фенотипов может быть в  $F_2$ ?
4. Сколько растений  $F_2$  могут быть трансгрессивными по данному признаку и иметь большую опушенность, чем родительские формы?
5. Какую наименьшую опушенность стебля могут иметь растения  $F_2$ ?

17. У самоопыленных линий зернового сорго имеются высокорослые и карликовые формы. У первых высота растений обуславливается доминантными полимерными генами  $L_1$ ,  $L_2$  и  $L_3$ , которые в гомозиготном состоянии имеют высоту 240 см. У карликовых линий высота растений 120 см и обуславливается рецессивными полимерными генами  $l_1$ ,  $l_2$  и  $l_3$ .

Гомозиготные с доминантными генами высокорослые растения были скрещены с гомозиготными карликовыми формами и получено 160 растений  $F_1$ . Установлено, что полимерные гены действуют кумулятивно. От скрещивания гибридов  $F_1$  с карликовыми растениями было получено в  $F_a$  320 растений.

1. Сколько типов гамет могли сформировать растения  $F_1$ ?
2. Сколько фенотипических классов может быть в  $F_a$ ?
3. Сколько разных генотипов может быть в  $F_a$ ?
4. Сколько растений в  $F_a$  могли быть гомозиготами по всем рецессивным генам?
5. Сколько растений в  $F_a$  могли быть гетерозиготными?

18. У мягкой пшеницы плотность колоса определяется по числу колосков на 10 см длины колосового стержня. Различают следующие типы плотности колоса: рыхлый – меньше 17 колосков, средней плотности – 17–20, выше средней – 20–23, плотный – 23–26, очень плотный (булавовидный) – больше 26. Предположим, что плотность колоса детерминирована двумя парами полимерных неаллельных генов, оказывающих кумулятивное действие: чем меньше содержится в генотипе доминантных генов, тем плотнее будет колос.

При скрещивании двух сортов пшеницы, имеющих колос выше средней плотности и генотипы  $A_1A_1a_2a_2 \times a_1a_1A_2A_2$ , в  $F_1$  получили 82 растения, в  $F_2$  – 256 растений.

1. Какую максимально возможную плотность колоса могут иметь растения  $F_1$ ?
2. Сколько разных фенотипов могут иметь растения  $F_2$ ?
3. Сколько растений  $F_2$  могут быть трансгрессивными и иметь более плотный колос, чем каждая из родительских форм?
4. Сколько трансгрессивных плотноколосых растений  $F_2$  могут дать нерасщепляющееся потомство?
5. Сколько в  $F_2$  может быть трансгрессивных растений, имеющих более рыхлый колос, чем каждая из родительских форм?

19. У кукурузы число рядов зерен в початке наследуется очень сложно. Предположим, что оно определяется четырьмя парами полимерных генов, имеющих кумулятивный эффект.

Если в генотипе содержится четыре пары рецессивных генов  $c_1c_1c_2c_2c_3c_3c_4c_4$ , то число рядов в початке равно восьми, а четыре пары доминантных генов – 24.

Опыляли линию кукурузы, имеющую генотип  $C_1C_1C_2C_2c_3c_3c_4c_4$ , пылью линии, имеющей генотип  $C_1C_1c_2c_2C_3C_3c_4c_4$ . Получили 75 растений  $F_1$ , которые от самоопыления дали 2560 растений  $F_2$ .

1. Сколько рядов зерен в початке может быть у гибридов  $F_1$ ?
2. Сколько разных фенотипов может быть в  $F_2$ ?
3. Сколько трансгрессивных растений  $F_2$  могли иметь меньше рядов зерен в початке, чем каждая из родительских форм, и давать нерасщепляющееся потомство?
4. Сколько растений  $F_2$  могли иметь больше рядов зерен в початке, чем каждая из родительских форм?
5. Сколько растений  $F_2$  могли иметь большее число зерен в початке, чем гибрид  $F_1$  и давать нерасщепляющееся потомство?

20. У зернового сорго высота стебля обусловлена взаимодействием четырех пар полимерных генов, каждый из которых влияет на длину междоузлия. Допустим, что это действие обусловлено в равной мере каждым из четырех генов, причем их действие носит количественный и кумулятивный характер. Высота растений при наличии всех четырех пар рецессивных генов карликовости равна 40 см, при наличии всех четырех пар доминантных генов – 240 см.

1. Какая высота стебля может быть у растений, имеющих генотип  $D_1D_1D_2D_2d_3d_3d_4d_4$ ?
2. Какая высота стебля может быть у растений, имеющих генотип  $d_1d_1d_2D_2D_3D_3D_4D_4$ ?
3. Какова может быть высота гибридов  $F_1$ , полученных от скрещивания растения, в генотипе которого содержится все четыре гена карликовости, с растением, в генотипе которого все гены находятся в доминантном состоянии?
4. Материнское растение, имеющее генотип  $D_1D_1D_2D_2D_3D_3d_4d_4$ , опыляли пылью отцовского растения, имеющего генотип  $d_1d_1d_2d_2d_3d_3D_4D_4$ . Какова может быть высота растений в  $F_1$ ?
5. Какова могла быть высота отцовского растения?