

Полное и неполное сцепление генов. Кроссинговер

ЗАДАНИЕ 1. Ознакомьтесь с явлением сцепленного наследования

Закон независимого комбинирования признаков осуществляется при условии, если гены, определяющие эти признаки, находятся в негомологичных хромосомах. В силу этого у каждого вида организмов число пар признаков, наследующихся независимо, ограничено числом пар хромосом. В то же время число генов, определяющих различные признаки, очень велико по сравнению с количеством гомологичных пар хромосом. Поэтому следует предположить, что в каждой паре хромосом расположен не один ген, а множество.

Так, в соматических клетках дрозофилы (*Drosophila melanogaster*) содержится четыре пары хромосом ($2n = 8$), а число генов, детерминирующих свойства и признаки этих насекомых, более 1100, в том числе в первой хромосоме локализовано более 400 генов, в четвертой – 42.

Гены, находящиеся в одной хромосоме, называются **сцепленными**, и в соответствии с поведением хромосом в мейозе должны наследоваться вместе, образуя **группу сцепления**. Следовательно, число групп сцепления у каждого вида равно гаплоидному набору хромосом, так как гомологичные хромосомы содержат идентичные наборы генов.

Впервые явление сцепленного наследования было открыто английскими генетиками В. Бетсоном и Р. Пеннетом (1906 г.) при изучении наследования окраски цветков (пурпурная – белая) и формы пыльцевых зерен (овальная – округлая) у душистого горошка.

Теоретическое обоснование и дальнейшее развитие это явление получило в работах Т. Моргана и его сотрудников К. Бриджеса и А. Стертеванта, которые в 1910 г. создали хромосомную теорию наследственности. Объектом их исследований была дрозофила.

Сцепленное наследование составляет сущность **закона сцепления Моргана**: при полном сцеплении гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно и независимо от генов, локализованных в других хромосомах.

ЗАДАНИЕ 2. Решите типовую задачу на полное сцепление генов

Пример.

У томатов гены, контролирующие высоту растений и форму плодов, локализованы в одной аутосоме и наследуются сцепленно.

Скрещивали гомозиготное растение с доминантными генами высокорослости (H) и шаровидной формы плодов (P), с растениями, имеющими карликовый рост (h) и грушевидную форму плодов (p). В F₁ получили 118 растений, F₂ – 1124.

1. Сколько высокорослых растений с шаровидными плодами может быть в F₁?
2. Сколько типов гамет может образовать растение F₁?
3. Сколько разных генотипов получено в гибриде F₂?
4. Сколько растений F₂ могли иметь карликовый рост и грушевидные плоды?
5. Сколько групп сцепления может иметь томат?

Решение.

Томат.

Высота растений.

Форма плодов.

$\left\{ \begin{array}{l} \text{H} - \text{высокорослость;} \\ \text{h} - \text{карликовость;} \\ \text{P} - \text{шаровидные плоды;} \\ \text{p} - \text{грушевидные плоды.} \end{array} \right.$

F₁ – 118 растений.

F₂ – 1124 растения.

$$\begin{array}{c} \text{выс. шар.} \quad \text{карл. груш.} \\ \text{P} \text{ ♀ } \overline{\text{H} \quad \text{P}} \times \overline{\text{♂} \text{h} \quad \text{p}} \\ \quad \quad \quad \text{H} \quad \text{P} \quad \quad \quad \text{h} \quad \text{p} \end{array}$$

G $\left(\overline{\text{H} \quad \text{P}} \right) \quad \left(\overline{\text{h} \quad \text{p}} \right)$

$$\begin{array}{c} \text{выс. шар.} \\ \text{F}_1 \quad \text{♀} \overline{\text{H} \quad \text{P}} \times \overline{\text{♂} \text{H} \quad \text{P}} \\ \quad \quad \quad \text{h} \quad \text{p} \quad \quad \quad \text{h} \quad \text{p} \end{array}$$

G $\left(\overline{\text{H} \quad \text{P}} \right) \left(\overline{\text{H} \quad \text{P}} \right) \left(\overline{\text{h} \quad \text{p}} \right) \left(\overline{\text{h} \quad \text{p}} \right)$

F ₂	$\overline{\text{H} \quad \text{P}}$	высокие, шаровидные	1	} 4 части (1124 растения)
	$\overline{\text{H} \quad \text{P}}$			
	$\overline{\text{h} \quad \text{p}}$			
	$\overline{\text{H} \quad \text{P}}$			
	$\overline{\text{H} \quad \text{P}}$			
	$\overline{\text{h} \quad \text{p}}$			
	$\overline{\text{h} \quad \text{p}}$			

На 1 часть приходится 281 растение (1124 растения : 4 части).

Такое расщепление вызвано полным сцеплением генов. Если гены локализованы в аутосомах, то при полном сцеплении расщепление всегда будет идти по типу моногибридного, независимо от того, по скольким парам альтернативных признаков различаются родительские формы.

Ответы:

1. В F₁ все 118 растений будут высокорослыми с шаровидными плодами.
2. Растение F₁ могут образовать два типа гамет.
3. В гибриде F₂ получено три разных генотипа.
4. 281 растение F₂ будет иметь карликовый рост и грушевидные плоды (1 часть).
5. Томат будет иметь 12 групп сцепления (2n = 24).

ЗАДАНИЕ 3. Ознакомьтесь с явлением неполного сцепления генов и методикой определения локализации генов в хромосоме

Сцепление генов не бывает абсолютным, так как хромосомы обладают способностью к рекомбинации (обмену идентичными участками) в результате **кроссинговера**, происходящего в профазе I мейоза.

В результате кроссинговера изменяется состав доминантных и рецессивных аллелей генов в группах сцепления. Гомологичные хромосомы, в которых произошел кроссинговер, называют **рекомбинантными**, а гибриды – **рекомбинантами**, или **кроссоверами**.

Гаметы, образовавшиеся в результате кроссинговера, называются **кроссоверными**, в отличие от некроссоверных гамет, образующихся при полном сцеплении генов.

При сцепленном наследовании сила сцепления может быть разной. При полном сцеплении в потомстве гибрида появляются организмы только с родительскими сочетаниями признаков, а рекомбинанты отсутствуют. При неполном сцеплении всегда наблюдается в той или иной мере преобладание форм с родительскими сочетаниями признаков.

Величина кроссинговера, отражающая силу сцепления между генами, измеряется отношением числа рекомбинантов к общему числу особей и выражается в процентах.

Т. Морган сформулировал **закон линейного расположения генов в хромосоме**: гены расположены в хромосомах линейно, а частота кроссинговера отражает относительное расстояние между ними. Чем дальше отстоят гены друг от друга, тем чаще между ними происходит кроссинговер, чем ближе они друг к другу, тем реже осуществляется кроссинговер (рис. 1).

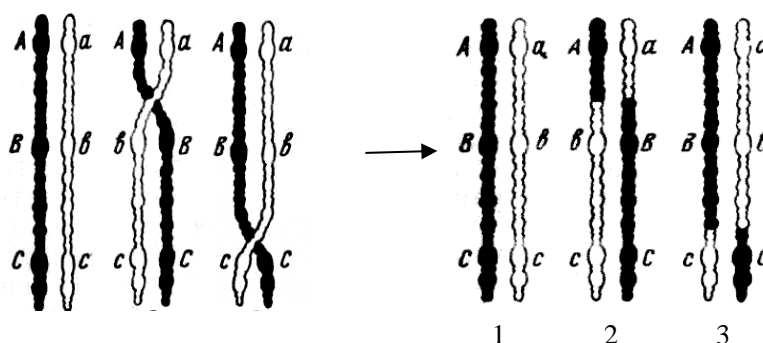


Рисунок 1. Схема перекреста хромосом и находящихся в них генов:
1 – отсутствие кроссинговера; 2 – кроссинговер между генами А и В;
3 – кроссинговер между генами В и С.

Частоту кроссинговера можно рассчитать по формуле 1:

$$\text{ЧК} = \frac{K}{N} \cdot 100, \quad (1)$$

где К – число кроссоверных особей;

Н – общее число особей (кроссоверных и некроссоверных).

Закон линейного расположения генов в хромосоме позволил составить генетические карты хромосом.

Генетической картой хромосом называется схематическое изображение относительного положения генов, находящихся в одной группе сцепления.

В настоящее время составлены генетические карты для дрозофилы, кукурузы, томата (рис. 1), ячменя, гороха, львиного зева, нейроспоры и некоторых других видов организмов.

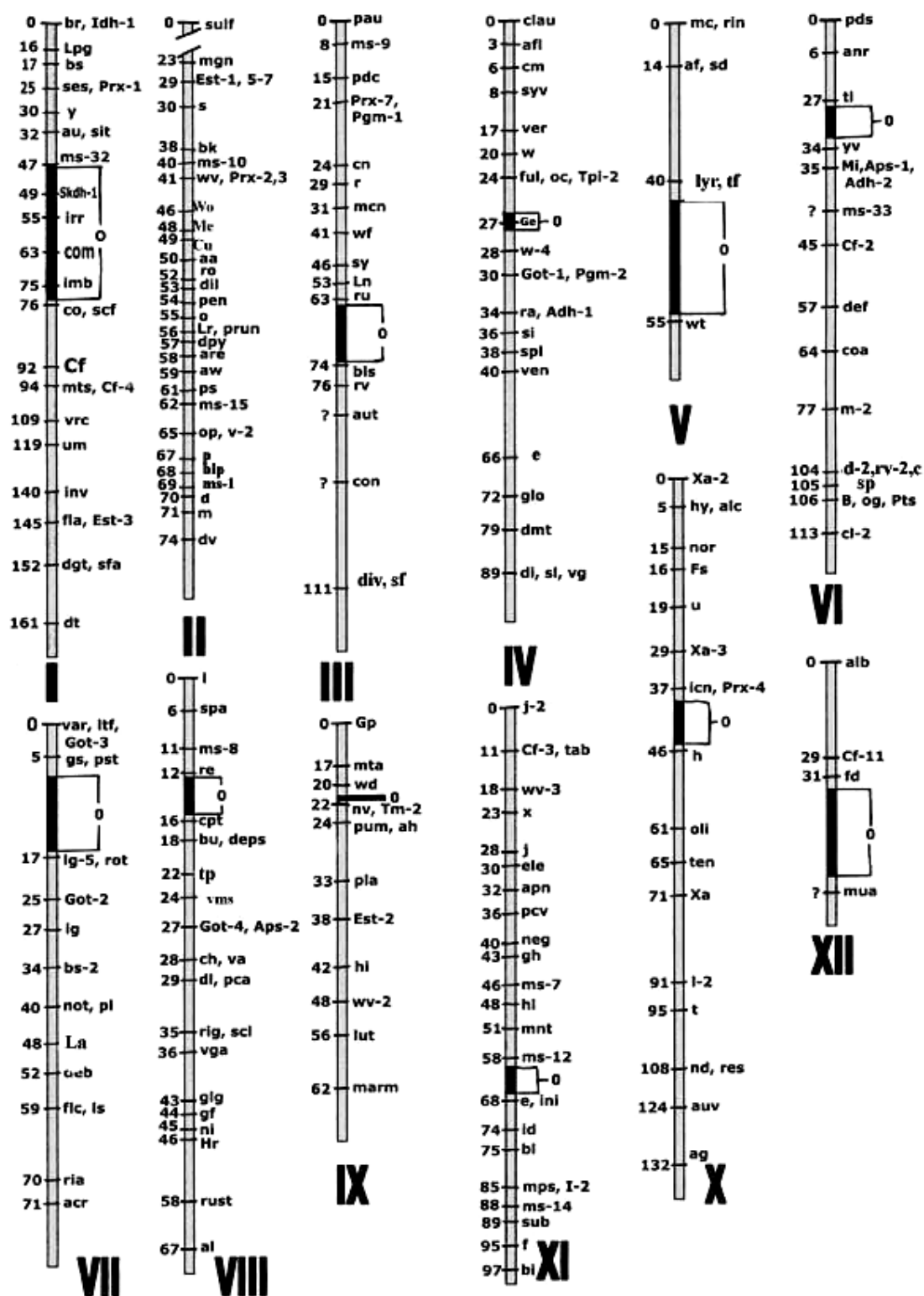


Рис. 1. Генетические карты хромосом томата:

I–XII – обозначения хромосом.

Числа означают расстояние между генами в процентах кроссинговера.

При составлении генетических карт в первую очередь определяют группы сцепления (I, II, III и т. д.). Затем в каждой группе сцепления последовательно записывают местоположение гена, указывая его расстояние от точки хромосомы, условно принятой за нулевую.

Для определения местоположения гена в группе сцепления проводят систему скрещиваний специально подобранных родительских особей с альтернативными признаками, гены которых находятся в одной группе сцепления, что позволяет выявить в F_a рекомбинанты (кроссоверные гибридные особи).

Чем больше будет кроссоверных особей в F_a , тем дальше будут расположены анализируемые гены в хромосоме.

ЗАДАНИЕ 4. Решите типовую задачу на определение расстояния между генами в хромосоме по результатам анализирующего скрещивания

Пример.

У кукурузы признаки блестящих листьев (ген gl) и надрезанных (st) листьев являются рецессивными по отношению к матовым (Gl) и нормальной формы листьям (St) и наследуются сцепленно.

От скрещивания линии кукурузы с блестящими надрезанными листьями и матовыми нормальной формы листьями получили 116 растений F_1 . От скрещивания растений F_1 с линией-анализатором получено 726 гибридов, из которых 92 были кроссоверными между генами gl и st .

1. Сколько растений F_1 имели матовые нормальной формы листья?
2. Сколько растений F_a имели матовые надрезанные листья?
3. Сколько разных фенотипов было в F_a ?
4. Сколько разных генотипов было в F_a ?
5. Какое расстояние (в процентах кроссинговера) будет между генами gl и st ?

Решение.

1. Записываем объект исследования, изучаемые признаки и обозначения аллелей.

Кукуруза
 Характер поверхности листьев;
 Форма листьев:
 { Gl – матовые листья;
 gl – блестящие листья;
 St – нормальные листья;
 st – надрезанные листья.
 F_1 – 116 растений.
 F_a – 726 растений,
 в т. ч. 92 кроссоверных между генами gl и st .

2. Составляем схему скрещивания исходных родительских компонентов и получаем гибрид F_1 .

$$P \begin{array}{c} \text{блест. надр.} \quad \text{мат. норм.} \\ \text{♀ } \underline{gl \quad st} \times \text{♂ } \underline{Gl \quad St} \\ \hline \text{gl} \quad st \quad \underline{Gl} \quad \underline{St} \end{array}$$

$$G \quad \left(\frac{gl}{st} \right) \quad \left(\frac{Gl}{St} \right)$$

$$F_1 \quad \begin{array}{c} \text{мат. норм.} \\ \frac{gl}{st} \\ \hline \frac{Gl}{St} \end{array}$$

3. Выписываем гаметы, которые образует гибрид F_1 . Их может быть 4 типа: 2 типа гамет образуются без кроссинговера и 2 типа – с участием кроссинговера.

4. Записываем схему скрещивания гибрида F_1 с линией-анализатором. Выписываем гамету, которую может образовать линия-анализатор.

$$F_1 \quad \begin{array}{c} \text{мат. норм.} \\ \text{♀} \frac{gl}{st} \times \text{♂} \frac{gl}{st} \\ \hline \frac{Gl}{St} \quad \frac{gl}{st} \end{array}$$

}

 некрссоверные
гаметы

 $\left(\frac{gl}{st} \right)$
 $\left(\frac{Gl}{St} \right)$

 $\left(\frac{gl}{st} \right)$

}

 G
кроссоверные
гаметы

 $\left(\frac{Gl}{st} \right)$
 $\left(\frac{gl}{St} \right)$

5. Получаем потомство от анализирующего скрещивания и рассчитываем число растений, приходящихся на каждый класс.

F_a	$\frac{gl}{st}$	блестящие надрезанные	}	Некрссоверные особи: 2 части $726 - 92 = 634$ растения ($100 - 12,6 = 87,4$ %)
	$\frac{Gl}{St}$	матовые нормальные		
	$\frac{gl}{st}$	матовые надрезанные	}	Кроссоверные особи: 2 части 92 растения (12,6 %)
	$\frac{gl}{St}$	блестящие нормальные		

На 1 часть кроссоверных особей приходится 46 растений (92 растения : 2 части). Количество кроссоверных особей в процентах составляет 12,6 %:

726 растений составляет 100 %;

92 растения – x %.

$$x = \frac{92 \cdot 100}{726} = 12,6 \%$$

Таким образом, на 1 часть кроссоверных особей в процентах приходится 6,3 % (12,6 % : 2 части).

На 1 часть некрссоверных особей приходится 317 растений (726 – 92 = 634 растения : 2 части). На 1 часть некрссоверных особей в процентах приходится 43,7 % (100 – 12,6 = 87,4 % : 2 части)

6. Находим частоту кроссинговера между генами *gl* и *st* (расстояние между генами) по формуле 1.

$$\text{ЧК} = \frac{92}{726} \cdot 100 = 12,6 \%$$

Расстояние между генами составляет 12,6 %

Ответы:

1. 116 растений F_1 имели матовые нормальной формы листья.
2. 46 растений F_a имели матовые надрезанные листья.
3. 4 разных фенотипа было в F_a .
4. 4 разных генотипа было в F_a .
5. Расстояние между генами составило 12,6 % (морганид).

ЗАДАНИЕ 5. Ознакомьтесь с типами кроссинговера

Перекрест может происходить сразу в нескольких точках, т. е. гомологичные хромосомы могут скручиваться и образовывать перекресты в нескольких точках (рис. 2). Следовательно, перекрест может быть: одинарным, двойным, тройным, множественным.

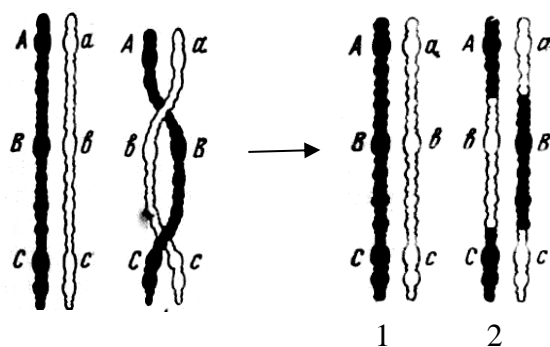


Рис. 2. Схема двойного перекреста хромосом и находящихся в них генов:
1 – отсутствие кроссинговера; 2 – двойной кроссинговер между генами А и В и В и С.

При этом, чем в большем числе точек происходит кроссинговер, тем большее число рекомбинантных гамет и особей можно получить в потомстве.

ЗАДАНИЕ 6. Решить типовую задачу на одинарный кроссинговер, происходящий в двух точках

Пример.

У кукурузы в IX хромосоме локализованы гены *s*, *sh*, *br*, детерминирующие рецессивные признаки зерновки: ген *s* – окрашенный алейрон, ген *sh* – морщинистую форму, ген *br* – коричневую окраску перикарпа.

Скрещивали гомозиготную линию, имеющую доминантные признаки (неокрашенный алейрон, гладкую форму, светлый перикарп), с линией, у которой все признаки были в рецессивном состоянии. Гибриды F_1 скрещивали с линией-анализатором и получили 400 рас-

тений F_a , из которых 6 имели зерновки с окрашенным алейроном, гладкой формы и светлым перикарпом, а 30 – имели зерновки с неокрашенным алейроном, гладкой формы и коричневым перикарпом.

1. Сколько растений имели зерновки с неокрашенным алейроном, морщинистой формы и с коричневым перикарпом (%)?

2. Сколько растений могли иметь зерновки с окрашенным алейроном, морщинистой формы и с коричневым перикарпом (%)?

3. Чему равно расстояние в морганидах между генами c и sh ?

4. Какое расстояние в процентах кроссинговера между генами sh и bp ?

5. Чему равно расстояние в морганидах между генами c и bp ?

Решение.

1. *Записываем объект исследования, изучаемые признаки и обозначения аллелей.*

Кукуруза

Окраска алейронового слоя;

Характер поверхности алейрона;

Окраска перикарпа:

- C – неокрашенный алейрон;
- c – окрашенный алейрон;
- Sh – гладкий алейрон;
- sh – морщинистый алейрон;
- Bp – светлый перикарп;
- bp – коричневый перикарп.

F_a – 400 растений,

в т. ч. 12 кроссоверных между генами c и sh ,

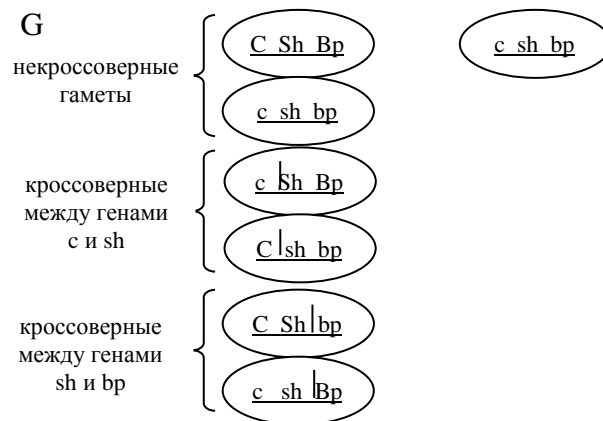
60 кроссоверных между генами sh и bp .

2. *Составляем схему скрещивания исходных родительских компонентов и получаем гибрид F_1 .*

$$\begin{array}{r}
 \text{неокр. глад. светл.} \quad \text{окр. морщ. корич.} \\
 P \quad \underset{\text{♀}}{C} \quad \underset{\text{Sh}}{Sh} \quad \underset{Bp}{Bp} \times \underset{\text{♂}}{c} \quad \underset{sh}{sh} \quad \underset{bp}{bp} \\
 \hline
 \underset{C}{C} \quad \underset{Sh}{Sh} \quad \underset{Bp}{Bp} \quad \underset{c}{c} \quad \underset{sh}{sh} \quad \underset{bp}{bp} \\
 \\
 G \quad \quad \quad \text{○} \quad \text{○} \\
 \quad \quad \quad \text{C Sh Bp} \quad \quad \quad c sh bp \\
 \\
 F_1 \quad \quad \quad \text{неокр. глад. светл.} \\
 \quad \quad \quad \underset{\text{♀}}{C} \quad \underset{Sh}{Sh} \quad \underset{Bp}{Bp} \times \underset{\text{♂}}{c} \quad \underset{sh}{sh} \quad \underset{bp}{bp} \\
 \quad \quad \quad \hline
 \quad \quad \quad \underset{c}{c} \quad \underset{sh}{sh} \quad \underset{bp}{bp} \quad \underset{c}{c} \quad \underset{sh}{sh} \quad \underset{bp}{bp}
 \end{array}$$

3. *Выписываем гаметы, которые образует гибрид F_1 . Их может быть 6 типа: 2 типа гамет образуются без кроссинговера, 2 типа с участием кроссинговера между генами c и sh , 2 типа с участием кроссинговера между генами sh и bp .*

4. *Записываем схему скрещивания гибрида F_1 с линией-анализатором. Выписываем гамету, которую может образовать линия-анализатор.*



5. Получаем потомство от анализирующего скрещивания и рассчитываем число растений, приходящихся на каждый класс.

F _a	<u>C Sh Bp</u>	неокрашенный гладкий светлый	}	Некроссоверные особи: 2 части
	<u>c sh bp</u>			
	<u>c sh bp</u>	окрашенный морщинистый коричневый		Кроссоверные особи между c и sh: 2 части
	<u>c sh bp</u>			
	<u>C Sh Bp</u>	окрашенный гладкий светлый		Кроссоверные особи между sh и bp: 2 части
	<u>c sh bp</u>			
	<u>C sh bp</u>	неокрашенный морщинистый коричневый		
	<u>c sh bp</u>			
	<u>C Sh bp</u>	неокрашенный гладкий коричневый		
	<u>c sh bp</u>			
	<u>c sh Bp</u>	окрашенный морщинистый светлый		
	<u>c sh bp</u>			

На 1 часть кроссоверных особей между генами c и sh приходится 6 растений (12 растений : 2 части). Количество кроссоверных особей между генами c и sh в процентах составляет 3 %:

400 растений составляет 100 %;
 12 растений – x %.

$$x = \frac{12 \cdot 100}{400} = 3 \%$$

Таким образом, на 1 часть кроссоверных особей между генами c и sh в процентах приходится 1,5 % (3 % : 2 части).

На 1 часть кроссоверных особей между генами sh и bp приходится 30 растений (60 растений : 2 части). Количество кроссоверных особей между генами sh и bp в процентах составляет 15 %:

400 растений составляет 100 %;
 60 растений – x %.

$$x = \frac{60 \cdot 100}{400} = 15 \%$$

Таким образом, на 1 часть кроссоверных особей между генами sh и bp в процентах приходится 7,5 % (15 % : 2 части).

На 1 часть некроссоверных особей приходится 164 растений ($400 - 12 - 60 = 328$ растений : 2 части). На 1 часть некроссоверных особей в процентах приходится 41 % ($100 - 3 - 15 = 82$ % : 2 части)

6. Находим расстояние между генами по формуле 1.

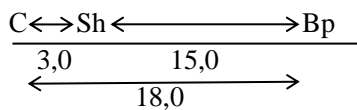
Расстояние между генами *c* и *sh* составляет 3 %:

$$\text{ЧК} = \frac{12}{400} \cdot 100 = 3 \%$$

Расстояние между генами *sh* и *br* составляет 15 %:

$$\text{ЧК} = \frac{60}{400} \cdot 100 = 15 \%$$

Расстояние между генами *c* и *br* составляет 18 % ($3 \% + 15 \%$), или 18 морганид.



Ответы.

- 1,5 % растений F_a имели зерновки с неокрашенным алейроном, морщинистой формы и с коричневым перикарпом.
- 41 % растений F_a могли иметь зерновки с окрашенным алейроном, морщинистой формы и с коричневым перикарпом.
- Расстояние между генами *c* и *sh* составляет 3 морганиды.
- Расстояние между генами *sh* и *br* составляет 15 %.
- Расстояние между генами *c* и *br* составляет 18 морганид.

МАТЕРИАЛ

1. Схемы цитологических основ расщепления при дигибридном скрещивании в случае локализации генов в одной и разных гомологичных парах хромосом.
2. Карточки с индивидуальными заданиями.
3. Тестовые задания по теме.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Расскажите о правилах обозначения генов, локализованных в одной хромосоме.
2. Кем впервые открыто и обосновано явление сцепленного наследования?
3. Что такое группа сцепления?
4. Расскажите об особенностях образования гамет при полном сцеплении.
5. Расскажите о расщеплении гибридов F_2 и числе фенотипических классов при сцепленном наследовании.
6. Что такое кроссинговер?
7. Назовите типы кроссинговера.
8. Что такое некроссоверные и кроссоверные гаметы?
9. Как рассчитать величину кроссинговера?
10. Расскажите о методике составления генетических карт.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Наследование признаков при полном сцеплении генов

1. У растений горошка душистого гены, детерминирующие окраску цветков и наличие усиков на листьях, локализованы в одной хромосоме и наследуются сцепленно.

При скрещивании гомозиготных растений, имеющих ярко-красную окраску цветков и усики на листьях (генотип RRTT), с растением, имеющим бледно-розовые цветки и без усиков на листьях (генотип rrtt), в F₁ получили 56 гибридов. Их скрестили с растениями, у которых оба признака находились в рецессивном состоянии, и получили 180 растений F_a.

1. Сколько типов гамет могут образовать растения F₁?
2. Сколько разных генотипов может быть в F_a?
3. Сколько разных фенотипов может быть в F_a?
4. Сколько растений F_a могли иметь бледно-розовую окраску цветков и листья без усиков?
5. Сколько растений F_a могли иметь ярко-красную окраску цветков и листья с усиками?

2. У томата гены, определяющие высоту растений и форму плодов, наследуются сцепленно и локализованы в одной хромосоме.

Скрещивали гомозиготное растение с доминантными генами высокорослости (H) и шаровидной формы плодов (P) с растениями, имеющими карликовый рост (аллель h) и грушевидную форму плодов (p). В F₁ получили 96 растений, в F₂ – 960 растений.

1. Сколько высокорослых растений с шаровидными плодами может быть в F₁?
2. Сколько типов гамет может образовать растение F₁?
3. Сколько разных генотипов может быть в F₂?
4. Сколько растений F₂ могли иметь карликовый рост и грушевидные плоды?
5. Сколько групп сцепления может иметь томат?

3. У кукурузы гены, обуславливающие фертильность пыльцы и матовую поверхность листьев, локализованы в одной хромосоме. Нормальная фертильность (F) является доминантной по отношению к пониженной (f), а матовая поверхность листа (G) доминантна по отношению к глянцевой (g).

При скрещивании гомозиготного растения, имеющего пониженную фертильность и матовую поверхность листьев, с растением, имеющим нормальную фертильность и глянцевую поверхность листьев, получили 80 гибридов F₁, от переопыления которых получили 1280 растений F₂.

1. Сколько разных типов гамет могут образовать растения F₁?
2. Сколько растений F₂ могут иметь оба доминантных признака?
3. Сколько разных генотипов может быть в F₂?
4. Сколько растений F₂ могут иметь пониженную фертильность и матовые листья?
5. Сколько растений F₂ могут иметь оба признака в доминантном состоянии?

4. У примулы китайской длина пестика и окраска пыльцы определяется генами, локализованными в одной хромосоме. Короткий пестик (L) является доминантным по отношению к длинному (l), а зеленая окраска рыльца (Rs) доминантна по отношению к красной (rs).

Гомозиготное растение, имеющее короткий пестик и красное рыльце, скрестили с растением, имеющим длинный пестик и зеленое рыльце. В F_1 получили 120 растений, в F_2 – 480 растений.

1. Сколько типов гамет может образовать растение F_1 ?
2. Сколько растений в F_1 могло иметь короткий пестик и зеленое рыльце?
3. Сколько разных генотипов могло быть в F_2 ?
4. Сколько растений в F_2 могли иметь оба признака в доминантном состоянии?
5. Сколько растений в F_2 могли иметь короткий пестик и зеленое рыльце?

5. У пшеницы в хромосоме 2D локализованы гены карликовости D и безлигульности tg.

Скрещивали карликовые безлигульные растения с высокорослыми растениями, имеющими лигулы. Все растения были карликовыми и имели лигулы. Их скрестили с высокорослыми растениями, не имеющими лигул. В F_a получили 120 растений.

1. Сколько типов гамет может образовать растение F_2 ?
2. Сколько различных фенотипов может быть в F_a ?
3. Сколько растений F_a были карликовыми и безлигульными?
4. Сколько растений F_a имели лигулы и нормальную высоту?
5. Сколько групп сцепления может быть у мягкой пшеницы?

6. У ячменя в I хромосоме локализованы гены gs (отсутствие воскового налета) и ген n (голозерность). Доминируют гены Gs (наличие воскового налета) и ген пленчатости N.

Скрещивали пленчатые растения без воскового налета и голозерные с восковым налетом. В F_1 получили 88 растений, в F_2 – 960 растений.

1. Сколько гибридов F_1 были пленчатыми и имели восковой налет?
2. Сколько типов гамет может образовать растение F_1 ?
3. Сколько разных фенотипов может быть в F_2 ?
4. Сколько разных генотипов может быть в F_2 ?
5. Сколько групп сцепления может быть у ячменя?

7. У гороха гены, контролирующие форму стебля, опушение растений и окраску цветков, локализованы в одной хромосоме. Стелющаяся форма стебля (P) доминирует над прямостоячей (p), опушенность растения (N) – над отсутствием опушения (n), а пурпурная окраска цветков (A) – над белой (a).

Скрещивали гомозиготное опушенное растение со стелющимся стеблем и белыми цветками с гомозиготным неопушенным растением, имеющим прямостоячий стебель и красные цветки. В F_1 получили 82 растения, в F_2 – 320 растений.

1. Сколько разных типов гамет может образовать растение 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 могли быть опушенными, со стелющимся стеблем и белыми цветками?
5. Сколько групп сцепления может быть у гороха?

8. У томата округлая форма плода (O) доминантна по отношению к плоской (o), одиночные цветки (S) доминантны по отношению к цветкам, собранным в соцветие (s), и признак опушения плода (p) рецессивен по отношению к неопушенному (P). Все три гена находятся по второй хромосоме.

Скрещивали растения с гладкими округлыми плодами и единичными цветками с растениями, имеющими опушенные плоские плоды и цветки, собранные в соцветия. В F_1 получили 99 растений, от самоопыления завязалось 400 семян. Все они были всхожими.

1. Сколько разных типов гамет может образовать растений F_1 ?
2. Сколько растений F_1 могут иметь все три признака в доминантном состоянии?
3. Сколько разных генотипов может быть в F_2 ?
4. Сколько разных фенотипов может быть в F_2 ?
5. Сколько растений F_2 могут иметь все три признака в рецессивном состоянии?

9. У кукурузы зеленая окраска всходов (V) является доминантной по отношению к золотистой (v), а отсутствие лигул (Lg) доминантно по отношению к наличию лигул (lg). Оба гена находятся в одной хромосоме.

Скрещивали безлигульное растение с золотистой окраской всходов с растением, имеющим лигулы и зеленую окраску всходов. В F_1 получили 110 гибридов, а от скрещивания их с гомозиготной формой по обоим рецессивным признакам в F_a 400 растений

1. Сколько групп сцепления может быть у кукурузы?
2. Сколько разных типов гамет может образовать растение?
3. Сколько растений F_a могли быть безлигульными и иметь золотистую окраску всходов?
4. Сколько разных генотипов может быть в F_a ?
5. Сколько растений F_a могли иметь лигулы и зеленую окраску всходов?

10. У дрозофилы ген st, определяющий наличие вырезки на крыльях, и ген sv отсутствие поперечной жилки на крыле, локализованы в одной хромосоме. Ген St (нормальные крылья) доминантен по отношению к гену st, а ген Sv (наличие поперечной жилки на крыле) доминантен по отношению к гену sv.

Скрещивали гомозиготных мух, имеющих вырезные крылья и поперечную жилку на крыле, с мухами, имеющими нормальные крылья без поперечной жилки. В F_1 получили 52 гибрида. Их скрестили с мухами, у которых оба признака в рецессивном состоянии. В F_a получили 160 мух.

1. Сколько мух F_1 имели оба признака в доминантном состоянии?
2. Сколько разных генотипов имели мухи F_a ?
3. Сколько разных фенотипов имели мухи F_a ?
4. Сколько мух в F_a имели нормальные крылья?
5. Сколько мух в F_a имели вырезные крылья и поперечную жилку?

Наследование признаков при неполном сцеплении генов

11. У кукурузы признаки желтых проростков, детерминируемых геном gl, и блестящих листьев, детерминируемых геном st, наследуются сцепленно и являются рецессивными по отношению к признакам зеленых проростков и матовых листьев.

От скрещивания гомозиготных растений кукурузы, имеющих желтые проростки и блестящие листья, с растениями, имеющими зеленые проростки и матовые листья, получили 124 гибрида F_1 . От скрещивания растений F_1 с линией-анализатором получили 726 растений F_2 , в том числе 310 с признаками доминантной родительской формы, 286 – рецессивной родительской формы, 130 – кроссоверных по данным генам.

1. Какой процент некроссоверных растений был среди гибридов F_2 ?
2. Сколько фенотипических классов было получено в F_2 ?
3. Сколько разных генотипов было в F_2 ?
4. Какой процент растений имели в F_2 желтые проростки и матовые листья?
5. Какое расстояние (в % кроссинговера) будет между генами gl и st ?

12. У дрозофилы во II хромосоме локализованы гены, обуславливающие длину крыльев и ног. Доминантный ген dp^+ обуславливает развитие нормальных крыльев, аллель dp^- – коротких, доминантный ген d^+ – нормальную длину ног, d^- – короткие ноги.

Скрещивали мух, имеющих короткие крылья и нормальные ноги, с мухами, имеющими нормальные крылья и короткие ноги. В F_1 получили 150 мух. От скрещивания их с мухами, имеющими оба признака в рецессивном состоянии, получили 720 мух, из которых 40 имели оба доминантных признака.

1. Сколько мух F_2 могли иметь оба рецессивных признака?
2. Сколько мух F_2 могли иметь нормальные ноги и короткие крылья?
3. Сколько мух могли быть некроссоверными (%)?
4. Сколько мух F_2 могли иметь оба признака в рецессивном состоянии (%)?
5. Какое расстояние в морганидах между генами dp^+ и d^+ ?

13. У сорго признаки блестящих листьев (ген a) и надрезанной формы листа (b) являются рецессивными по отношению к признакам матовых листьев (A) и нормальной формы листа (B) и наследуются сцепленно.

От скрещивания линии сорго с блестящими надрезанными листьями с линией, имеющей матовые нормальной формы листья, было получено 16 растений F_1 . От скрещивания растений с линией-анализатором было получено 126 растений, из них 34 были кроссоверными, а 92 – некроссоверными между генами a и b .

1. Сколько растений F_1 имели матовые листья нормальной формы?
2. Сколько растений F_2 имели матовые надрезанные листья?
3. Сколько разных фенотипов было в F_2 ?
4. Сколько разных генотипов было в F_2 ?
5. Какое расстояние (в процентах кроссинговера) будет между генами a и b ?

14. Растение суданки, гомозиготное по сцепленным генам S и K , скрещено с линией, гомозиготной по генам s и k . В F_1 было получено 10 потомков, от скрещивания их с линией-анализатором было получено 120 потомков, из них 48 кроссоверных.

1. Сколько растений F_1 имели оба доминантных гена?
2. Сколько растений F_2 были гомозиготными по обоим признакам?
3. Сколько растений F_2 имели только один доминантный ген A ?
4. Сколько растений F_2 имели только один доминантный ген B ?

5. Какое расстояние между генами S и K в единицах кроссинговера?

15. У кукурузы признаки блестящих (ген *gl*) и надрезанных (*st*) листьев являются рецессивными по отношению к матовым (*G1*) и нормальной формы листьям (*St*) и наследуются сцепленно.

От скрещивания линий кукурузы с блестящими надрезанными листьями и матовыми нормальной формы листьями получили 96 растений F_1 . От скрещивания растений F_1 с линией анализатором получили 640 гибридов, из которых 126 были кроссоверными между генами *gl* и *st*.

1. Сколько растений F_1 имели матовые нормальной формы листья?
2. Сколько растений F_a имели матовые надрезанные листья?
3. Сколько разных фенотипов было в F_a ?
4. Сколько разных генотипов было в F_a ?
5. Какое расстояние (в процентах кроссинговера) будет между генами *gl* и *st*?

16. У дрозофилы во II хромосоме локализованы гены формы крыла и наличия пятна у основания крыла. Ген A контролирует прямые крылья, рецессивный ген a – аркообразные крылья, ген B – отсутствие пятна, рецессивный ген b – наличие пятна у основания крыла.

При скрещивании гомозиготных мух с аркообразными крыльями без пятна у основания с гомозиготными мухами, имеющими прямые крылья и пятно у основания крыла, получили 124 мухи. От скрещивания их с мухами, имеющими оба признака в рецессивном состоянии, получили 1000 мух, из которых 40 были с обоими признаками в рецессивном состоянии.

1. Сколько генотипов в анализирующем скрещивании?
2. Какой процент мух F_a имели оба доминантных признака?
3. Какой процент мух F_a имели оба рецессивных признака?
4. Сколько мух F_a имели те же признаки, что и исходные родительские особи?
5. Какое расстояние в морганидах между генами a и b?

17. У суданки в IV хромосоме локализованы гены, обуславливающие озерненность метелки и крупность пыльца. Метелка с семенами доминантный признак, метелка без семян – рецессивный признак (a). Мелкая пыльца – это рецессивный признак (b), крупная пыльца – доминантный признак.

От скрещивания линии с озерненной метелкой и крупной пыльцой с линией, имеющей оба признака в рецессивном состоянии, было получено 80 растений F_1 , от скрещивания которых с линией-анализатором было получено всего 390 растений, из них 45 растений, имеющих озерненную метелку и мелкую пыльцу.

1. Сколько разных генотипов может образоваться в потомстве F_a ?
2. Сколько растений F_a имел неозерненную метелку и крупную пыльцу?
3. Сколько растений F_a имели оба признака в доминантном состоянии?
4. Сколько растений F_a имели оба признака в рецессивном состоянии (%)?
5. Какое расстояние в единицах кроссинговера между генами a и b?

18. У кукурузы в III хромосоме локализованы аллели, определяющие характер листовой пластинки: рецессивный ген *cr* – скрученные листья, доминантный ген *Cr* – нормальные

листья и аллели, определяющие высоту растения, доминантный ген D, обуславливающий нормальную высоту, и ген d – карликовость.

От скрещивания растений нормальной высоты и с нормальной листовой пластинкой с растением, имеющим скрученные листья и карликовый рост, получили в F₁ 12 гибридов, а от скрещивания их с линией-анализатором 800 растений, из которых 36 были карликовыми с нормальными листьями.

1. Сколько растений F_a имели оба признака в доминантном состоянии?
2. Какой процент растений F_a имели оба признака в рецессивном состоянии?
3. Сколько процентов растений F_a были карликовыми с нормальными листьями?
4. Сколько процентов растений F_a были нормальной высоты со скрученными листьями?
5. Какое расстояние (в % кроссинговера) между генами cг и d?

19. У тритикале гены A и B наследуются сцепленно, расстояние между ними в единицах кроссинговера равно 10 %.

Скрещивали гомозиготную линию с генотипом AABV с линией, имеющей генотип aabb. В F₁ получено 70 растений, в F_a – 200 потомков.

1. Сколько потомков F_a имели оба признака в доминантном состоянии?
2. Сколько потомков F_a имели оба признака в рецессивном состоянии?
3. Сколько растений F_a имели генотип Aabb?
4. Сколько растений F_a имели генотип aaBb?
5. Сколько всего было кроссоверных особей в F_a?

20. У суданки в IV хромосоме локализованы гены, обуславливающие наличие антоциановой окраски и желтых проростков. Ген A контролирует зеленую окраску растений (доминантный признак), ген a – антоциановую окраску, ген b – желтую окраску всходов (рецессивный признак), B – зеленую окраску (доминантный признак). Расстояние между этими генами равно 10 % кроссинговера.

От скрещивания линии с антоциановой окраской растений и желтыми всходами с гомозиготным растением, имеющим зеленую окраску и зеленые всходы, было получено 36 растений F₁, от скрещивания которых с линией-анализатором было получено 400 растений.

1. Сколько разных генотипов будет получено во втором скрещивании?
2. Сколько растений F_a будет иметь зеленую окраску и зеленые всходы?
3. Сколько в F_a будет растений-рекомбинантов?
4. Сколько растений F_a будет иметь антоциановую окраску и желтые всходы?
5. Сколько растений F_a будет иметь зеленую окраску и зеленые всходы (%)?