



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Генетика**

ФИО участника олимпиады: **Верижников Георгий Максимович**

Класс: **10-11**

Технический балл: **80**

Дата проведения: **01 марта 2022 года**

Задание	Комментарии	Баллы
1	Задание выполнено.	25
2	Неправильные расчеты частот кроссинговера.	12,5
3	Задание выполнено.	25
4	Участником не предложен другой способ подбора зонда и нет конкретики при подборе специфического зонд для “короткого” транскрипта.	17,5

Чистовик

1. Окраска у кроликов кодируется 3 генами, назовём их А, В и Е. Гены не сцеплены spatially, наследуются независимо. Также все 3 гена взаимодействуют по принципу полного доминирования ($A > a, B > b, E > e$).

- если генотип $A-B-E-$, то окраска чёрная (чёрн.)
- если в генотипе оба аллеля гена Е рецессивные (т.е. генотип $---ee$), вне зависимости от генов А и В окраска будет белой (бел.), т.е. наблюдается рецессивный эпистаз
- если ^{все} аллели всех генов (кроме гена Е) рецессивные (т.е. генотип $aa bb E-$), то окраска светло-голубая (с.г.)
- если генотип $A-bbE-$, то окраска голубая (гол.)
- если генотип $aaB-E-$, то окраска коричневая (кор.)

Проведём скрещивания:

P_1 : $AABBEE$ × $aaabbee$
чёрн. бел.

G : (ABE) (abe)

F_1 : $AaBbEe$ - наблюдается единообразие гибридов первого поколения
чёрн.

P_2 : $AaBbEe$ × $AaBbEe$
чёрн. чёрн.

$$F_2: P(A-) = P(B-) = P(E-) = \frac{3}{4}$$

$$P(aa) = P(bb) = P(ee) = \frac{1}{4}$$

$$P(\text{чёрн.}) = \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{27}{64}$$

$$P(\text{гол.}) = P(A-bbE-) = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{9}{64}$$

$$P(\text{кор.}) = P(aaB-E-) = \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{9}{64}$$

$$P(\text{с.г.}) = P(aa bb E-) = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{64}$$

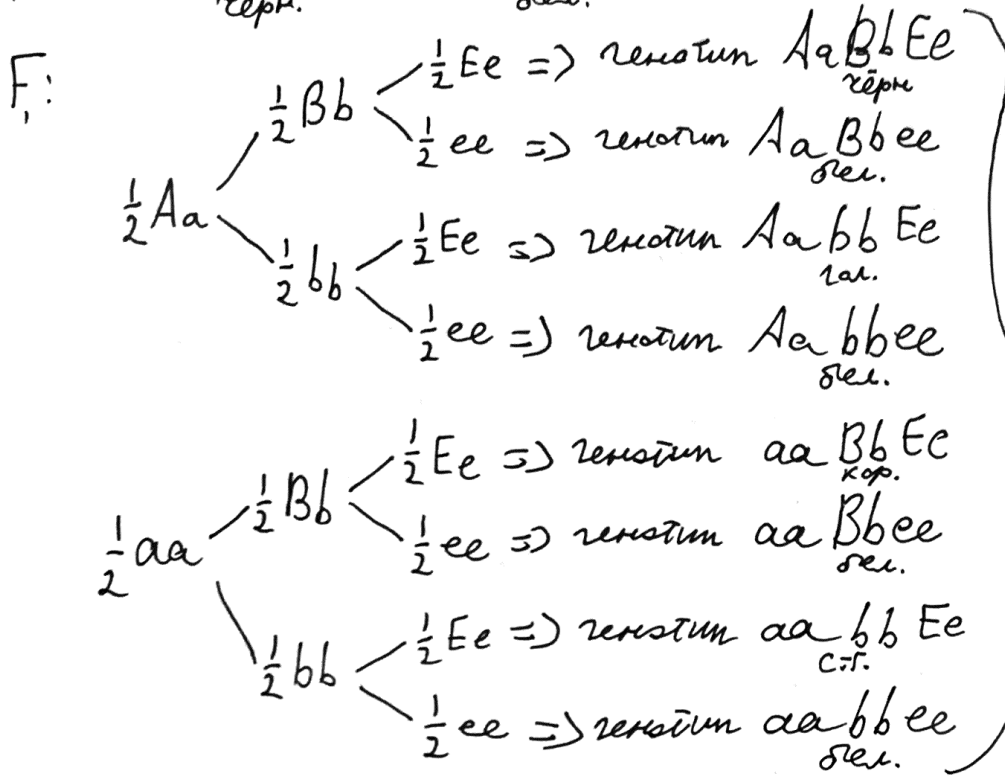
$$P(\text{бел.}) = P(- - ee) = 1 \cdot 1 \cdot \frac{1}{4} = \frac{16}{64}$$

Итого расщепление по фенотипу составит:
27 : 9 : 9 : 3 : 16
чёрн. гол. кор. с.г. бел.
(с.г.)

① (продолжение)

Проведём возвратное скрещивание

P: $AaBbEe \times aabb ee$ - гомозиготы родителей возврат. скрещивания
гёрн. бел.



гомозиготы
 потомков
 возвратного
 скрещивания

Расщепление по генотипу: 1:1:1:1:1:1:1:1

Расщепление по фенотипу: 1 : 1 : 1 : 1 : 4 (1:1:1:1:4) 1:1:1:1:4
гёрн. бел. кор. с-г. бел.

Чистовик

2. В 1-ом скрещивании наблюдается крисс-кросс наследование ⇒ гены, отвечающие за данные признаки, сцеплены с X-хромосомой (т.е. с полом). У всех генов наблюдается полное доминирование; ~~т.е.~~ незначительное взаимодействие между генами нет:

A - серое тело (сер. т.) a - жёлтое тело (жёлт. т.) A > a
 B - красные глаза (кр. г.) b - белые глаза (бел. г.) B > b
 C - нормальные крылья (норм. к.) c - обрубанные крылья (обр. к.) C > c

P₁: ♀ X^{abc} X^{abc} × ♂ X^{ABC} Y
 жёлт. т. бел. г. обр. к. сер. т. кр. г. норм. к.

G: (X^{abc}) (X^{ABC}) (Y)

F₁: ♀ X^{ABC} X^{abc} - сер. т., кр. г., норм. к.
 ♂ X^{abc} Y - жёлт. т., бел. г., обр. к.

Между генами ~~ABC~~ A, B и C может происходить кроссинговер, при этом, т.к. между X и Y хромосомами нет кроссинговера, то кроссоверные гаметы может образовывать только ♀

P₂: ♀ X^{ABC} X^{abc} × ♂ X^{abc} Y
 сер. т., кр. г., норм. к. жёлт. т., бел. г., обр. к.

F₂: 295 X^{ABC} — : 59 X^{ABc} — : 1 X^{AbC} — : 5 X^{Abc} — :
 сер. т., кр. г., норм. к. сер. т., кр. г., обр. к. сер. т., бел. г., норм. к. сер. т., бел. г., обр. к.

: 5 X^{aBC} — : 1 X^{aBc} — : 59 X^{abC} — : 295 X^{abc} —
 жёлт. т., кр. г., норм. к. жёлт. т., кр. г., обр. к. жёлт. т., бел. г., норм. к. жёлт. т., бел. г., обр. кр.

На месте пропусков м/в либо X^{abc} (если ♀), либо Y (если ♂), т.е. хромосомы, унаследованные от ♂, но они не повлияют на фенотип

Чистовик

2) (продолжение)

$$\text{частота кроссинговера} = \frac{59 + 1 + 5 + 1 + 5 + 59}{720} = \frac{130}{720} = \frac{13}{72}$$

$$\text{частота двойного кроссинговера} = \frac{1+1}{720} = \frac{2}{720} = \frac{1}{360}$$

(кроссинговеры м/у Аи а, и м/у С и с)

т.к. при двойном кроссинговере также происходит кроссинговер м/у Аи а

$$\text{частота кроссинговера м/у Аи а} = \frac{5 + 5 + \overbrace{1+1}}{\text{т.к. при двойном кроссинговере также происходит кроссинговер м/у Аи а}}}{720} = \frac{12}{720} = \frac{1}{60}$$

$$\text{частота кроссинговера м/у С и с} = \frac{59 + 59 + 1 + 1}{720} = \frac{120}{720} = \frac{12}{72} = \frac{1}{6}$$

частота двойного кроссинговера должна быть равна произведению частот кроссинговеров м/у Аи а и С и с. Проверим это:

$$\frac{1}{60} \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{360} \text{ (итд.)}$$

Вероятнее расположение генов А, В и С на X хромосоме относительно друг друга:



Ответы на вопросы:

- 1) Все 3 признака кодируются разными генами, цвет тела кодируется геном А, цвет глаз - В, форма крыльев - С, при этом все гены взаимодействуют по принципу полного домин. (А>а, В>в, С>с)
⇒ домин. признаки: сер. т., кр. г., норм. к.
рец. признаки: жел. т., бел. г., обр. к.
- 2) Неаллельное взаимодействие генов не наблюдается
- 3) Все 3 гена (А, В и С) сцеплены и находятся на X хромосоме
- 4) Да, можно, частота кроссинговера = $\frac{13}{72}$

Чистовик

3.

Закон Харди-Вайнберга: $\begin{cases} p+q=1 \\ p^2+2pq+q^2=1 \end{cases}$

Предположим, что гены А и В наследуются независимо, популяция данных растений имеет бесконечно большое число особей, свободно скрещивающихся друг с другом (т.е. присутствует панмиксия), миграция и естественный отбор отсутствуют.

Пусть: частота аллеля А = p
частота аллеля а = q
частота аллеля В = x
частота аллеля b = y

Рассмотрим ген А отдельно от гена В:

частота А- = $p^2 + 2pq = 0,36$

частота aa = $0,6 + 0,04 = 0,64 = q^2 \Rightarrow q = \sqrt{0,64} = 0,8 \Rightarrow$

$\Rightarrow p = 1 - 0,8 = 0,2$

Тогда частота генотипа aabb = $q^2 \cdot y^2 = 0,8^2 \cdot y^2 = 0,04$

$(0,8y)^2 = 0,04$

$0,8y = 0,2$

$y = \frac{2}{8} = \frac{1}{4} = 0,25 \Rightarrow x = 1 - 0,25 = 0,75$

Проверка: частота генотипов, дающих жёлтые плоды = частота генотипа А- — =

$= (p^2 + 2pq)(y^2 + 2xy + x^2) = (p^2 + 2pq) \cdot 1 = 0,2^2 + 2 \cdot 0,2 \cdot 0,8 =$

$= 0,04 + 0,32 = 0,36 \Rightarrow 36\%$ (цтг)

частота генотипов, дающих жёлтые плоды = частота генотипа aaB- =

$= q^2 \cdot (x^2 + 2xy) = 0,8^2 (0,75^2 + 2 \cdot 0,75 \cdot 0,25) = 0,64 \cdot 0,9375 =$

$= 0,6 \Rightarrow 60\%$ (цтг)

частота генотипов, дающих зелёные плоды = частота генотипа aabb

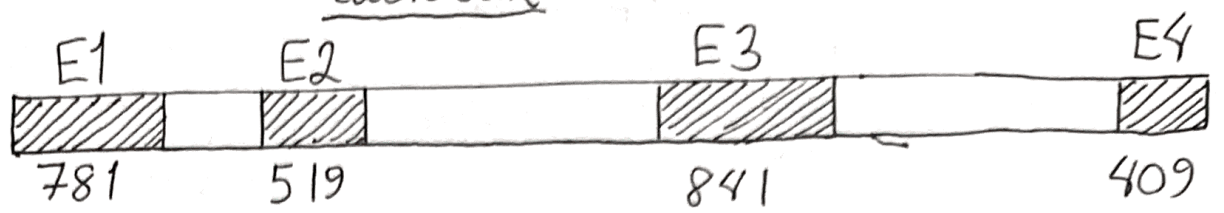
$= q^2 \cdot y^2 = 0,8^2 \cdot 0,25^2 = 0,64 \cdot 0,0625 = 0,04 \Rightarrow 4\%$ (цтг)

Ответ: Ген А:
частота аллеля А = 0,2
частота аллеля а = 0,8

Ген В:
частота аллеля В = 0,75
частота аллеля b = 0,25

4.

Чистовик



Структура гена А (Е1-4 - экзоны)

1) Известно, что с гена А транскрибируется 2 вида РНК с длиной 2550 нукл. и 2031 нукл. Это возможно в связи с альтернативным сплайсингом - явлением, при котором во время созревания иРНК происходит не только вырезание интронов, но и некоторых экзонов, в результате чего ~~из~~ с одного участка ДНК могут образовываться несколько вариантов иРНК.

$E1 + E2 + E3 + E4 = 781 + 519 + 841 + 409 = 2550 \text{ нукл.} \Rightarrow$
 \Rightarrow РНК с длиной 2550 нукл. содержит в себе все экзоны гена А (т.е. имеет структуру Е1-Е2-Е3-Е4).

$2550 - 2031 = 519 = E2 \Rightarrow$ РНК с длиной 2031 нукл. содержит в себе все экзоны гена А кроме второго (т.е. имеет структуру Е1-Е3-Е4).

2550

2) Да, такая зона действительно можно подобрать, но только для РНК с длиной 2550 нукл.

Для этого зона должен быть ~~идентична~~ ^{идентичен} по нуклеотидному составу Е2, ~~или его участку~~ ^{или его участку}, тогда данная зона будет комплементарна части РНК с длиной 2550 нукл. \Rightarrow зона будет связываться с этой РНК, тем самым детектируя её, при этом не будет связываться с РНК с длиной 2031 нукл., т.к. в ней отсутствует участок, комплементарный Е2.

2031

Можно попробовать подобрать зону и для РНК с длиной 2031 нукл., например сделав его идентичным Е1 и Е3 (т.к. в РНК с длиной 2550 нукл. участки, комплементарные этим экзонам находятся не рядом), но тогда всё ~~равно~~ равно есть шанс, что зона частично свяжется с РНК с длиной 2550 нукл. \Rightarrow эта РНК тоже будет детектироваться, хоть и в меньшей степени, чем РНК с длиной 2031 нукл.

6

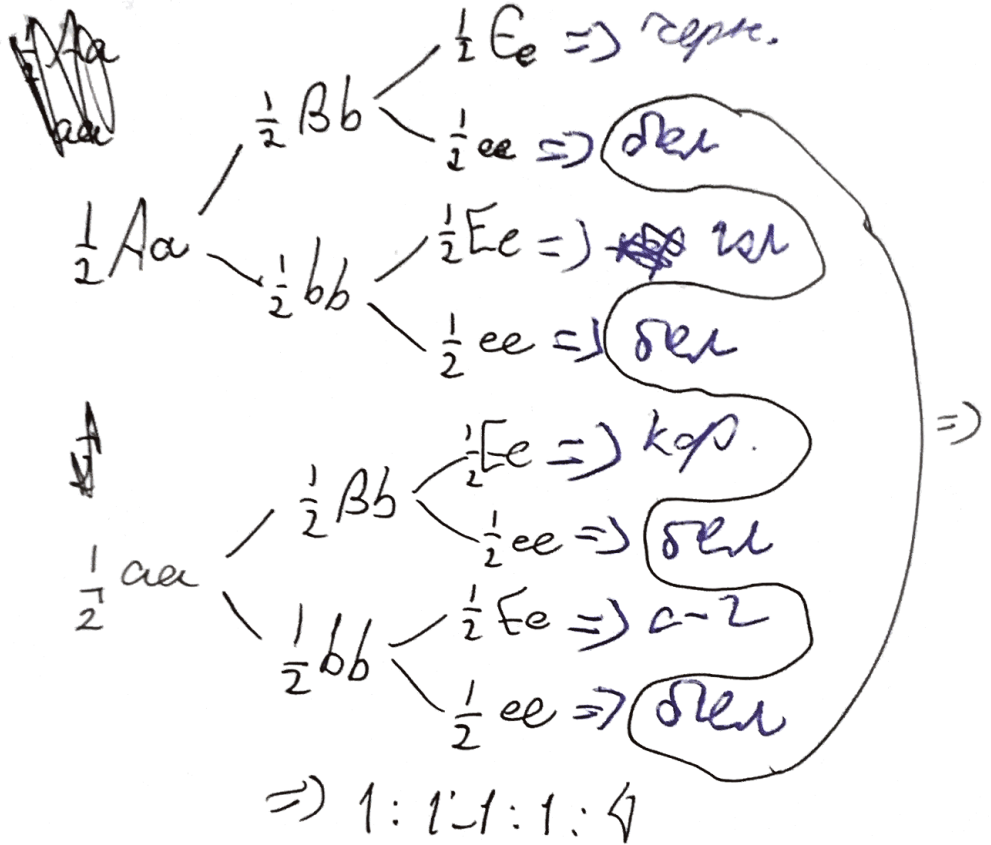
Сорнавик

1.)

P: ~~AA~~ AABBEE x aabb ee
repr. repr.

F₁: AaBbEe ~~aa~~

G_{возр}: AaBbEe x aabb ee



G_{совр}

Известно, что кромь во время
созр. - РНК присутствуют не только воя

серт!!! Серновик

1.

~~ВАА.АА~~

серт. x серт.

серт

серт x серт

1. серт: 1 гол.: 1 кор.: 1 с-2: 4 бел

серт. x серт.

2. серт: 9 гол.: 9 кор.: 3 с-2: 16 бел. => 64 = 4³

к ум. гол.?

~~ВАА.АА~~ 3 гена (MIS example)

AABB x aabb

AaBb

~~A-B-C-~~

~~A-B-cc~~

~~A-~~B~~bbcc~~

~~aabbcc~~

AaBbCc x aabbcc

$\frac{1}{2} Aa \begin{cases} \frac{1}{2} Bb \begin{cases} \frac{1}{2} Cc \\ \frac{1}{2} cc \end{cases} \\ \frac{1}{2} bb \begin{cases} \frac{1}{2} Cc \\ \frac{1}{2} cc \end{cases} \end{cases}$

$\frac{1}{2} aa \begin{cases} \frac{1}{2} Bb \begin{cases} \frac{1}{2} Cc \\ \frac{1}{2} cc \end{cases} \\ \frac{1}{2} bb \begin{cases} \frac{1}{2} Cc \\ \frac{1}{2} cc \end{cases} \end{cases}$

~~A~~
~~B~~
~~C~~

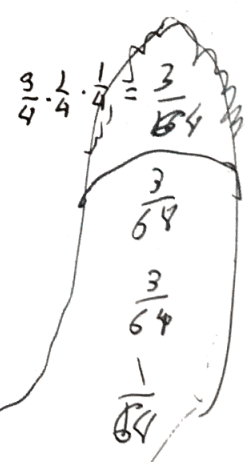
Aa Bb Cc

$\frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{27}{64}$

$\frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{9}{64}$

$\frac{3}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{9}{64}$

$\frac{1}{4} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} = \frac{9}{64}$



A-B-E- гол.

если ee => гол.

если aabbE- => с-2

Терсавим

(2)

♀ ^{ABC} ~~ABC~~ ^{Желт. сер. асп.} X ♂ ^{сер. кр. норм.} X Y ^{ган.}

♀ X^{abd} X^{abd} X^{ABD} Y

F₁: крусса - кросс мамка.

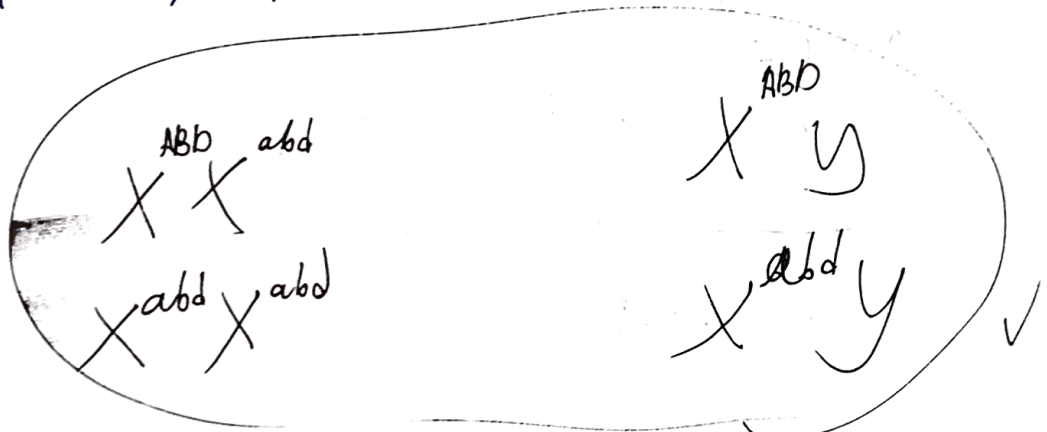
♀ X^{ABD} X^{abd} X ♂ X^{abd} Y

♀ ^{сер. кр. норм.} X ♂ ^{Желт. сер. асп.}

130

295 : 59 : 1 : 5 : 5 : 1 : 59 : 295 ♀ : 1 ♂

сер кр. норм сер. кр. норм желт кр. норм желт кр. норм желт сер. норм желт сер. норм желт сер. норм



A	+	a
B	+	b
D	+	d
118		220

A	+	a
B	+	b
D	+	d
10		220

A	+	a
B	+	b
D	+	d
2		220 ≈ 0,002(7)

1180
518400

Төрөлбик

3

A --- деген 0,36

хэв B --- хэв 0,6

аа бб зэр. 0,04

A - p B - x

a - q b - y

нэгдсэн ~~$p(A) = p$~~
 ~~$p(a) = q$~~

$$q^2(аа) = 0,6 + 0,04 = 0,64$$

$$\Rightarrow q(a) = 0,8 \Rightarrow p(A) = 0,2$$

$$0,8^2 y^2 = 0,04$$

$$0,8 y = 0,2$$

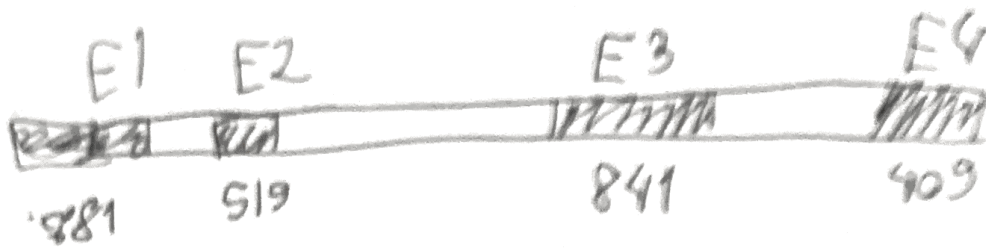
$$y = 0,25 \Rightarrow y = 0,75$$

$$p^2 + 2pq + q^2$$

$$0,2^2 + 2 \cdot 0,2 \cdot 0,8 + 0,8^2$$
$$0,04 + 0,32 = 0,36$$

Pyramiden

4.)



2550: E1-E2-E3-E4

2031: E1-E3-E4