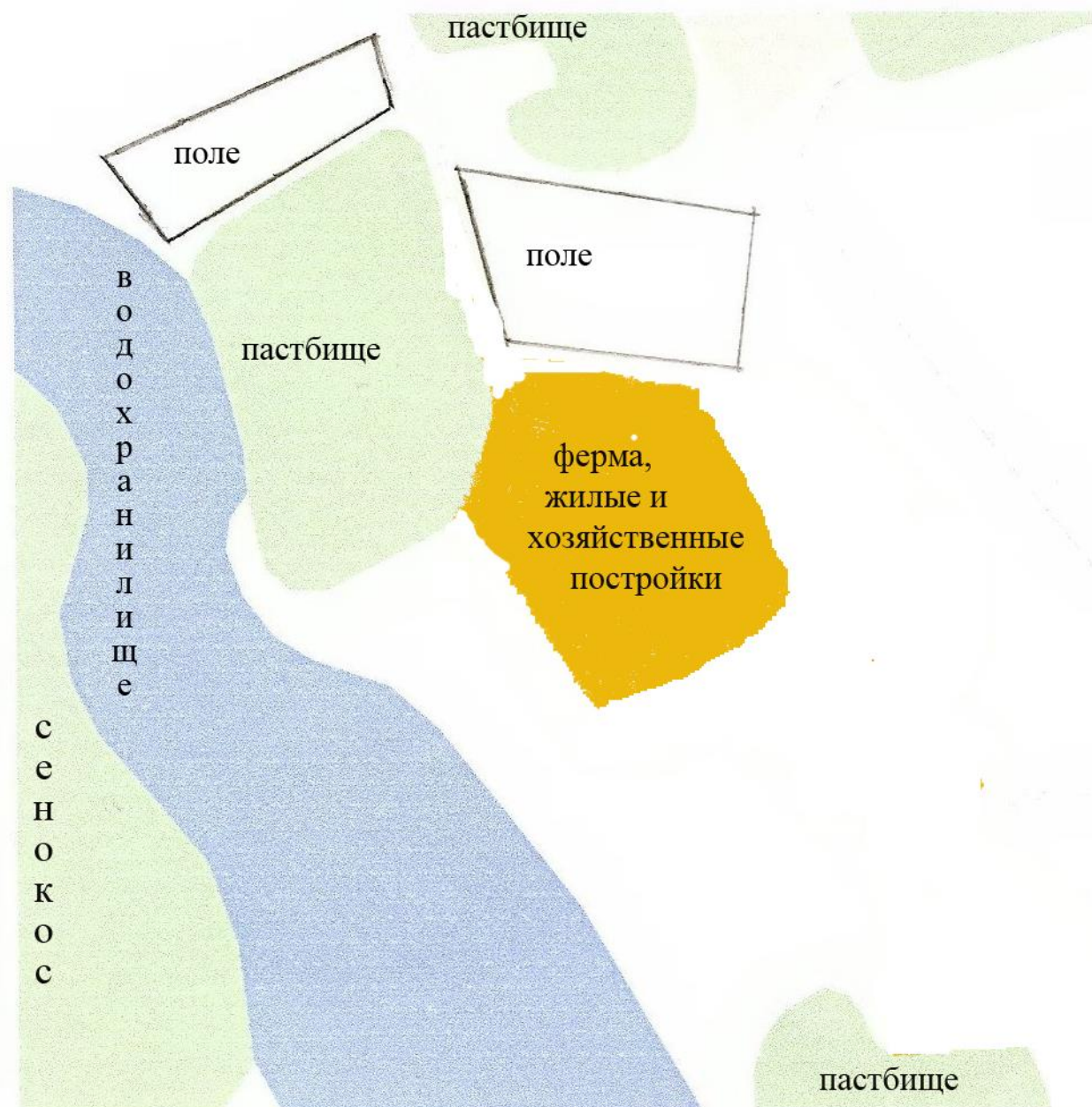


## Отборочный этап 10-11 класс

### Задание №1

В фермерском хозяйстве, план которого приведён ниже, все овцы оказались заражены печёночным сосальщиком. После забоя всех животных и дезинфекции помещений фермер приобрёл новых животных в районе, где данное заболевание не наблюдалось. Через год оказалось, что все овцы снова заражены. Чем это может объясняться, и какие меры Вы порекомендовали бы для предотвращения этого заболевания в данном хозяйстве?



### Ответ: (15 баллов)

Данное явление объясняется особенностями жизненного цикла печёночного сосальщика. Его окончательным хозяином являются овцы, реже коровы. Яйца сосальщика попадают из печени в кишечник хозяина, а оттуда – во внешнюю среду. Для дальнейшего развития яйцо должно оказаться в воде. Здесь из яйца выходит покрытая ресничками личинка (мирацидий). Она способна самостоятельно отыскивать промежуточного хозяина – малого прудовика, а затем внедряется в его тело. Там личинка превращается в бесформенный мешок, в котором происходит партеногенетическое размножение. Формируются две последовательные личиночные формы. Личинки последней стадии

выходят из промежуточного хозяина и вновь попадают в воду. Они плавают, потом оседают в прибрежной растительности водоема. Там превращаются в цисту. Поедая прибрежную траву, овцы заглатывают паразитов, в кишечнике оболочка цисты растворяется, и вышедшие взрослые паразиты по желчным протокам мигрируют в печень. Удаление больных животных и дезинфекция фермы не привело к исчезновению паразита, т.к. его личинки остались в моллюсках, обитающих в водоёме рядом с пастбищами, а также в виде цист на прибрежной траве. Чтобы последующие поколения овец не заражались, необходимо прекратить выпас овец на заливных лугах и не производить там сенокос. Тогда через некоторое время прудовики освободятся от личинок червя, а цисты погибнут. Только после этого можно будет использовать сено, скошенное на этих лугах.

### Задание №2.

С поля площадью 20 га был собран урожай пшеницы 18 центнеров с га. Химический состав зерна показал, что оно содержит 40% углерода, 2% азота и 0,03% фосфора. Осенью на поле было вывезено 120 т навоза, содержащего 18% углерода, 0,5 % азота и 0,1 % фосфора. Какие минеральные удобрения и в каком количестве необходимо дополнительно внести в почву, чтобы восстановить её состав?

### Ответ: (15 баллов)

Углерод растения получают из воздуха, поэтому с удобрениями его вносить не нужно.

Рассчитаем количество вынесенного с урожаем азота и фосфора.

Зерна было собрано:  $18 \text{ ц} * 20 \text{ га} = 360 \text{ ц} = 36000 \text{ кг}$ .

Азота вывезено:  $36000 \text{ кг} * 0,02 = 720 \text{ кг}$ .

Фосфора вывезено:  $36000 \text{ кг} * 0,0003 = 10,8 \text{ кг}$ .

Посмотрим, сколько этих элементов было внесено с навозом.

Азота внесено:  $120000 \text{ кг} * 0,005 = 600 \text{ кг}$

Фосфора внесено:  $120000 \text{ кг} * 0,001 = 120 \text{ кг}$ .

Таким образом, с навозом было внесено больше фосфора, чем вывезено с урожаем, и дополнительно вносить его не надо.

Азота вывезено на 120 кг больше, чем внесено, поэтому его надо ввести с удобрениями (мочевина или нитраты).

Больше всего азота в мочеvine ( $\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$ ) и нитрате аммония ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )

1)  $\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2 = \text{CN}_2\text{OH}_4$ . Молярная масса =  $12 + 14 * 2 + 16 + 1 * 4 = 60$ , из них азот составляет 28. Удобрения надо внести  $120 \text{ кг} * 28 / 60 = 56 \text{ кг}$

2)  $\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2\text{O}_3\text{H}_4$ . Молярная масса =  $14 * 2 + 16 * 3 + 4 * 1 = 80$ , из них азот составляет 28. Удобрения надо внести  $120 \text{ кг} * 28 / 80 = 42 \text{ кг}$

Ответ: нужно внести 56 кг мочевины или 42 кг нитрата аммония.

### Задание 3. (25 баллов)

К каким последствиям приводит отбор против гетерозигот данного локуса? Каким будет равновесное соотношение генотипов в популяции, если исходное отношение аллелей **A** и **a** было 1:1, выживание гомозигот **AA** и **aa** одинаково, а гетерозигот в 5 раз ниже?

Если у гетерозигот **Aa** приспособленность ниже, чем у каждой из гомозигот (**AA** и **aa**), то возникает неустойчивое состояние популяции и, в конце концов, в популяции останется только одна из гомозигот. При этом популяция «скатывается» к любой из гомозигот при малейшем отклонении в их соотношении от 1:1 в сторону той гомозиготы, частота которой исходно отклонилась в большую сторону от этого соотношения.

Вот числовой пример, иллюстрирующий эту закономерность.

Пусть в исходной популяции частоты аллелей А и а составляли, соответственно, 0,6 и 0,4. Тогда, используя решетку Пеннета, при случайном скрещивании соотношение генотипов будет AA:Aa:aa = 0,36:0,48:0,16.

	A (0,6)	a (0,4)
A (0,6)	AA (0,6 * 0,6=0,36)	Aa (0,6*0,4=0,24)
a (0,4)	Aa (0,6*0,4=0,24)	aa (0,4*0,4=0,16)

Предположим, что гетерозиготы летальны, т.е. имеем крайнюю степень их пониженной приспособленности. Тогда в следующем поколении останутся только гомозиготы (0,36+0,16). Частота гомозигот AA в следующем поколении вычисляется как  $0,36/(0,36+0,16) = 0,69$ . Аналогично, частота гомозигот aa будет = 0,31. Частоты аллелей А и а тоже будут 0,69 и 0,31. Повторим случайное скрещивание, как предыдущем поколении.

	A (0,69)	a (0,31)
A (0,69)	AA (0,69 * 0,69=0,48)	Aa (0,69*0,31=0,21)
a (0,31)	Aa (0,69*0,31=0,21)	aa (0,31*0,31=0,09)

Частоты генотипов окажутся в соотношении AA:Aa:aa = 0,48:0,42:0,09. Летальность гетерозигот сохраняется, поэтому в следующем поколении окажутся только гомозиготы. Частота AA будет  $0,48/(0,48+0,09) = 0,84$ . Аналогично, частота aa станет = 0,16. Частоты аллелей тоже теперь 0,84 и 0,16. А в исходной популяции были 0,6 и 0,4. Т.о. наблюдается вытеснение аллеля а без всякого отбора против него, просто потому, что исходно его было меньше, чем аллеля А. Следовательно, пониженная приспособленность гетерозигот, т.е. гибридов, приводит не к разделению исходной популяции, а элиминации одной из исходных форм, причем той, которой было меньше.

Особая ситуация возникает, когда частоты аллелей равны, как это имеет место во второй части данного задания.

Если равное количество аллелей, то  $p(A)=0,5$ ;  $q(a)=0,5$

При свободном скрещивании  $A \times a = 1AA + 2Aa + 1aa$

Тогда после вымирания части гетерозигот их доля уменьшится в 5 раз:

$1AA + 0,4Aa + 1aa$  F1.

$A = 2 + 0,4 = 2,4$

$a = 2 + 0,4 = 2,4$

$p = A/(a+A) = 2,4/2,4+2,4 = 2,4/4,8 = 0,5$

$q = a/(a+A) = 2,4/2,4+2,4 = 0,5$

В F2 и последующих поколениях повторится то же самое.

В реальной природе за счет каких-либо условий, рано или поздно произойдет сдвиг соотношения аллелей, и, как следствие, одного из них станет меньше и его доля начнет прогрессивно уменьшаться.

#### Задание 4. (25 баллов)

Известна мутация мышей, приводящая к жёлтой окраске шерсти. При скрещивании двух таких мышей в потомстве наблюдаются жёлтые и чёрные мыши в отношении 2:1. Если скрестить двух жёлтых мышей первого поколения, наблюдается такое же расщепление. При скрещивании двух чёрных мышей первого поколения все потомки были чёрными, а при скрещивании жёлтой и чёрной мышей – чёрные и жёлтые в отношении 1:1. Если создать популяцию только из жёлтых мышей и позволить им свободно скрещиваться, каково будет отношение фенотипов через 5 поколений?

**Ответ:** Поскольку при скрещивании двух жёлтых мышей в потомстве появляются чёрные, можно сделать вывод, что жёлтые мыши гетерозиготны, а чёрный цвет рецессивен по отношению к жёлтому. Так как жёлтые мыши первого поколения давали такое же

расщепление, как и родители, то среди них также все гетерозиготны, а это значит, что гомозигота AA летальна. Обозначим аллели: А – желтый, а – черный.

AA- нежизнеспособные, Aa – жёлтые, aa – чёрные.

P: Aa+Aa

A=1/2; a=1/2

F1: 2Aa:1aa – соотношение фенотипов первого поколения.

Жёлтые особи дадут в равных количествах гаметы А и а, чёрные – только а \*2

G : A – 2, a – 2+2 = 4

p(A)=2/(2+4)=1/3

q(a)= 4/(2+4)=2/3

F2: AA=1/3\*1/3=1/9 (вымирает); Aa=2\*1/3\*2/3=4/9 (жёлтые) aa=2/3\*2/3=4/9 (чёрные)

Соотношение фенотипов второго поколения 1 : 1.

Жёлтые особи дадут в равных количествах гаметы А и а, чёрные – только а \*2

G : A=1, a=1+2=3

p(A)=1/(1+3)=1/4

q(a)=3/(1+3)=3/4

F3 : AA=1/4\*1/4=1/16 ( вымирает); Aa=2\*1/4\*3/4=6/16 (жёлтые), aa =3/4\*3/4=9/16 (чёрные)

Соотношение фенотипов третьего поколения 6/16 : 9/16 = 2 (жёлтые) : 3 (чёрные).

Жёлтые особи дадут в равных количествах гаметы А и а, чёрные – только а \*2

G : A = 2, a=2+3\*2=8

p(A)= 2/(2+8)=1/5

q(a)=8/(2+8) = 4/5

F4 : AA = 1/5\*1/5=1/25 ( вымирает); Aa=2\*1/5\*4/5=8/25 (жёлтые); aa=4/5\*4/5=16/25 (чёрные).

Соотношение фенотипов в четвёртом поколении 8/25 : 16/25 = 1 (жёлтые) : 2 (чёрные).

Жёлтые особи дадут в равных количествах гаметы А и а, чёрные – только а \*2

G: A = 1, a = 1+2\*2=5

p(A)=1/(1+5)=1/6

q(a)=5/(1+5)=5/6

F5: AA=1/6\*1/6=1/36 (вымирает); Aa =2\*1/6\*5/6=10/36 (жёлтые); aa=5/6\*5/6=25/36 (чёрные)

Соотношение фенотипов в пятом поколении 10\36 : 25\36 = 2 : 5

**Ответ:** в пятом поколении соотношение жёлтых и чёрных мышей 2:5.

**Тестовые задания – по 1 баллу, всего 20 баллов.**

**Общая сумма – 20+15+15+25+25=100 баллов.**