**Решение задач**

**по теме «Генетика популяций.**

**Закон Харди – Вайнберга»**

**Теоретическое обоснование темы**

Начальные этапы эволюционных процессов протекают в популяциях на основе закономерностей наследования. Изучение генетической структуры популяции связано с выяснением генотипического состава. В подобных задачах определяется частоты генотипов и аллелей, которые выражаются в % или в долях от единицы. Данная закономерность была выявлена независимо друг от друга двумя исследователями: математиком Г.Харди и врачом В.Вайнбергом.

Формулировка закона:

«Относительные частоты генов в популяции не изменяются из поколения в поколение во времени при следующих условиях:

* Популяция должна быть велика;
* Отсутствует давление отбора на данные признаки;
* Отсутствуют мутации этих генов;
* В популяции особи свободно скрещиваются;
* Нет миграции из соседних популяций».

Предположим некую популяцию с одинаковым соотношением генотипов АА и аа. Частоту генов А (A большое-доминантный признак ) обозначим р, а гена а (а малое – рецессивный признак) – q.

На основании скрещивания составляем решётку Пеннета.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ♂  ♀ | р(А) | q(а) |
| р(А) | p² (AA) | pq (Aa) |
| q(а) | pq (Aa) | q² (aa) |

p² (AA) + 2 pq (Aa) + q² (aa) = 1

p + q = 1 (при извлечении квадратного корня)

Сумма частот генов в популяции p + q = 1, следовательно, уравнение можно рассмотреть как: p² + 2 pq + q² = 1

Закон Харди-Вайнберга может быть сформулирован следующим образом:   
«В идеальной популяции соотношение частот аллелей генов и генотипов из поколения в поколение является величиной постоянной и соответствует уравнению: p2 +2pq + q2 = 1  
где  p2   — доля гомозигот по доминантной аллели; p — частота этой аллели; q2  — доля гомозигот по альтернативной аллели; q — частота соответствующей аллели; 2pq — доля гетерозигот.

Закон Харди-Вайнберга при медико-генетических исследованиях, а также при определении частоты генов, генотипов и фенотипов в популяциях в природе, популяций в животноводстве и селекции. В этом его практическое значение.

Рассмотрим решение нескольких вариантов задач по данной теме.

**Задача 1.  В популяции человека количество индивидуумов с карим цветом глаз составляет 51%, а с голубым – 49%. Определите процент доминантных гомозигот в данной популяции.**

Поскольку известно, что карий цвет глаз доминирует над голубым, обозначим аллель, отвечающую за проявление признака кареглазости А, а аллельный ему ген, ответственный за проявление голубых глаз, соответственно, а. Тогда кареглазыми в исследуемой популяции будут люди как с генотипом АА (доминантные гомозиготы, долю которых и надо найти по условию задачи), так и - Аа гетерозиготы), а голубоглазыми – только аа (рецессивные гомозиготы).  
По условию задачи нам известно, что количество людей с генотипами АА и Аа составляет 51%, а количество людей с генотипом аа - 49%. Как можно вычислить процент кареглазых людей только с генотипом АА?  
Для этого вычислим частоты встречаемости каждого из аллельных генов А и а в данной популяции людей. Обозначив частоту встречаемости аллели А в данной популяции буквой q, имеем частоту встречаемости аллельного ему гена а = 1 – q. (Можно было бы обозначить частоту встречаемости аллельного гена а отдельной буквой, как в тексте выше – это кому как удобнее). Тогда сама формула Харди-Вайнберга для расчета частот генотипов при моногибридном скрещивании при полном доминировании одного аллельного гена над другим будет выглядеть вот так:  
q2 AA+ 2q(1 – q)Aa + (1 – q)2aa = 1.  
 (1 – q)2 = 0,49 – это частота встречаемости людей с голубыми глазами.  
Находим значение q: 1 – q = корень квадратный из 0,49 = 0,7; q = 1 – 0,7 = 0,3, тогда q ² = 0,09.  
Это значит, что частота кареглазых гомозиготных особей АА в данной популяции будет составлять 0,09 или доля их будет равна 9%.

**Ответ:** частота кареглазых гомозиготных особей АА равна 9 %.

**Задача 2.** В популяции озёрной лягушки появилось потомство – 420 лягушат с тёмными пятнами (доминантный признак) и 80 лягушат со светлыми пятнами. Определите частоту встречаемости рецессивного гена и число гетерозигот среди лягушек с тёмными пятнами.

Записываем условие задачи. Тёмный цвет пятен обозначаем А, светлый цвет пятен – а. Необходимо определить генотипы родительских форм.

Признак, фенотип Ген, генотип

Тёмные пятна А

Светлые пятна а

F: 420 лягушат с темн. Пятнами А\_

80 лягушат со светл. пятнами аа

Р - ?

**Решение задачи**

1. Каково количество особей в популяции?

420 + 80 = 500

2. Определяем частоту встречаемости лягушат со светлыми пятнами - q²

q²= 80: 500 = 0, 16 (частота встречаемости аллели равна отношению числа данной аллели к общему числу аллелей в популяции)

3. Определяем частоту встречаемости рецессивного гена «светлое пятно» «а малое», который мы обозначили q:

q = √ q² = √0,16 = 0,4

4. Определяем частоту встречаемости гена «тёмные пятна»(т.е. ), исходя из уравнения р + q = 1, значит, р = 1 – q, следовательно, р = 1 – 0,4 = 0,6

5. Определяем количество гетерозигот Аа :

2рq = 2х0,4 х 0,6 = 0, 48 или 48 %

Объяснение решения задачи: для решения задачи используется закон Харди-Вайнберга.

**Ответ:**

1) Число особей в популяции – 500.

2) Частота встречаемости рецессивного гена а «светлое пятно» - 0,4.

3) Количество гетерозигот (Аа) носителей гена «светлые пятна» - 0, 48 или 48%.

**Задача 3.** Популяция состоит из 49 % особей с генотипом АА и 9 % с генотипом аа. Находится ли эта популяция в равновесии?

Признак, фенотип Ген, генотип

р = 49 % или 0,49 АА

q = 9 % или 0, 09 аа

Равновесие - ?

Решение.

1. Если популяция находится в равновесии, то для неё справедливо уравнение Харди – Вайнберга:

p² + 2 pq + q² = 1

2. Для данной популяции частота генотипа АА: p² = 0,49,

частота аллеля А: √0,49 = 0, 7 ; р = 0,7

3. Определяем частоту генотипа аа: q² = 0,09, тогда

частота аллеля а: q =√0,09 = 0,3.

4. Определяем частоту генотипа гетерозиготы Аа: 2 pq = 2 х 0,7 х 0,3 = 0,42

5. Определяем, находится ли популяция в равновесии: если

p² + 2 pq + q² = 1, то 0,49 + 0,42 + 0,09 = 1, следовательно, популяция находится в равновесии.

Ответ:

По уравнению Харди-Вайнберга сумма равна 1, популяция находится в равновесии.

**Задачи для самостоятельного решения**

1. В Европе на 10 000 человек с нормальным содержанием меланина встречается 1 альбинос. Ген альбинизма наследуется по аутосомно-рецессивному типу. Рассчитать частоту встречаемости носителей гена альбинизма. Носителем называют организм, гетерозиготный по гену, который может вызвать в гомозиготном состоянии нарушение метаболизма.

Ответ: частота встречаемости гетерозигот 2 pq = 0,0198 или почти 2%

2. Предрасположенность к сахарному диабету наследуется по аутосомно-рецессивному типу. Частота встречаемости рецессивного гена предрасположенности к болезни в США приблизительно 22, 5 %. Какова частота встречаемости в США гетерозиготных носителей гена предрасположенности к сахарному диабету.

Ответ: частота встречаемости в США гетерозиготных носителей гена предрасположенности к сахарному диабету равна 0,4982.

3. У человека ген «резус положительный» доминантен по отношению к гену «резус отрицательный». В обследованной по этому показателю популяции 1982 человека были «резус положительными», а 368 – «резус отрицательными». Какова генетическая структура этой популяции?

Ответ: р = 0,5

4. У гречихи ярко-красная окраска растений неполно доминирует над зелёной. Гетерозиготы по данным генам имеют розовую окраску. В панмиктической популяции, состоящей из 840 растений, содержалось 42 красных растения. Какова частота встречаемости гомозиготных растений?

Ответ: частота встречаемости гомозиготных растений = 0,657.

5. Одна из форм глюкозурии наследуется как аутосомно-рецессивный признак и встречается с частотой 7:1000000. Определить частоту встречаемости гетерозигот в популяции.

Ответ: частота встречаемости гетерозиготных особей 2pq в популяции людей = 0,0052775.

**Источники информации:**

1. Гончаров О.В. Генетика.Задачи. – Саратов: Лицей, 2008.

2. Кириленко А.А. Биология. Сборник задач по генетике. Базовый и повышенный уровень ЕГЭ: учебно-методическое пособие/А.А.Кириленко. – Ростов-на-Дону: Легион, 2009.

3. Кириленко А.А., Колесников С.И. Биология. Подготовка к ЕГЭ-2013: учебно-методическое пособие/А.А.Кириленко, С.И.Колесников. – Ростов-на-Дону: Легион, 2012.

4. <http://biology-online.ru/metodichka/konspekty-i-lekcii/obschaja-biologija/zakon-hardi-vainberga-v-reshenii-genetic.html>