

### **Закон Харди-Вайнберга. Входная диагностика.**

1. В популяции растений ночной красавицы (*Mirabilis jalapa*) из 150 особей 6 растений имеют ярко-красную окраску венчика. Рассчитайте частоты аллелей красной и белой окраски в популяции, а также частоты всех возможных генотипов, если известно, что популяция находится в равновесии Харди-Вайнберга. Ответ поясните.
2. В одной из европейских популяций аутосомно-рецессивное заболевание муковисцидоз встречается с частотой 1 на 2500 новорожденных. Рассчитайте частоту аллеля муковисцидоза в популяции, а также частоты всех возможных генотипов, если известно, что популяция находится в равновесии Харди-Вайнберга. Ответ поясните.
3. Способность различать горький вкус фенилтиомочевины (ФТМ) - аутосомный доминантный признак. В популяции 6750 человек из обследованных различали горький вкус этого вещества, а 2250 человек воспринимали его как безвкусное. Рассчитайте частоты аллелей способности и неспособности различать вкус ФТМ, а также частоты всех возможных генотипов, если принять, что популяция находится в равновесии Харди-Вайнберга. Ответ поясните.
4. Фенилкетонурия - моногенное заболевание, возникающее в результате нарушения аминокислотного обмена, наследующееся по аутосомно-рецессивному типу. В некоторой цыганской популяции фенилкетонурия встречается в среднем 1 раз на 40 рождений. При этом частота мутантного аллеля во всей человеческой популяции составляет 0,01. Рассчитайте равновесные частоты мутантного и нормального фенотипов во всей человеческой популяции, а также частоту мутантного аллеля в цыганской популяции. Поясните ход решения. Какой эволюционный фактор приводит к наблюдаемому различию частот мутантного аллеля? При расчетах округляйте значения до четырех знаков после запятой.
5. Алкаптонурия - метаболическое моногенное, аутосомно-рецессивное заболевание, которое возникает из-за нарушения обмена тирозина в организме человека. Известно, что частота заболевания в большинстве человеческих популяций составляет 1 : 250 000. Однако среди коренных жителей Доминиканской Республики заболевание встречается с частотой 1 : 19 000. Рассчитайте равновесные частоты нормального и мутантного фенотипа в человеческой популяции. Поясните ход решения. Покажите, что популяция не находится в равновесии Харди-Вайнберга. За счёт действия какого эволюционного фактора наблюдается отклонение от равновесия?
6. У одного из видов многощетинковых червей доминантный аллель обуславливает устойчивость к токсину, выделяемому водорослями. В равновесной популяции устойчивыми оказались 2327 из 2900 червей. После цветения водоёма в результате массового размножения водорослей погибло 30% чувствительных особей. Определите частоты всех аллелей в исходной популяции и доли всех фенотипов до и непосредственно после гибели чувствительных особей (до установления нового равновесия). Значения округляйте до четырёх знаков после запятой.

### **Входная диагностика. Ответы.**

1.

- 1) частота растений с ярко-красной окраской венчика составляет  $6/150 = 0,04$ ;
- 2) красную окраску имеют растения с генотипом AA, в равновесной популяции доля таких растений составляет  $p^2$ ;
- 3) частота аллеля p в популяции составляет 0,2;
- 4) частота аллеля q в популяции составляет  $1 - p = 0,8$ ;
- 5) частота генотипа Aa (розовая окраска) в равновесной популяции составляет  $= 2pq = 0,32$ ;
- 6) частота генотипа aa (белая окраска) в равновесной популяции  $= q^2 = 0,64$ .

*Примечание.*

*У ночной красавицы ген красной окраски неполно доминирует над геном белой окраски:*

*AA - красные (в задаче - ярко-красные),*

*Aa - розовые,*

*aa - белые.*

2.
  - 1) частота людей с муковисцидозом составляет  $1/2500 = 0,0004$ ;
  - 2) муковисцидоз имеют люди с генотипом aa, в равновесной популяции доля таких людей составляет  $q^2$ ;
  - 3) частота аллеля q в популяции составляет 0,02;
  - 4) частота аллеля p в популяции составляет  $1 - q = 0,98$ ;
  - 5) частота генотипа Aa в равновесной популяции составляет  $2pq = 0,0392$ ;
  - 6) частота генотипа AA в равновесной популяции  $p^2 = 0,9604$ .
  
3.
  - 1) частота людей, не различающих вкус ФТМ, составляет  $2250/(2250+6750) = 0,25$ ;
  - 2) не различают вкус ФТМ люди с генотипом aa, в равновесной популяции доля таких особей составляет  $q^2$ ;
  - 3) частота аллеля q в популяции составляет 0,5;
  - 4) частота аллеля p в популяции составляет  $1 - q = 0,5$ ;
  - 5) частота генотипа Aa (различают вкус ФТМ, гетерозиготы) в равновесной популяции составляет  $2pq = 0,5$ ;
  - 6) частота генотипа AA (различают вкус ФТМ, гомозиготы) в равновесной популяции  $p^2 = 0,25$ .
  
4.
  - 1) равновесная частота мутантного фенотипа (aa) составляет:  $q^2 = 0,01^2 = 0,0001$ ;
  - 2) равновесная частота нормального фенотипа составляет:  $1 - q^2 = 0,9999$ИЛИ
  - 2) равновесная частота нормального фенотипа составляет:  $p^2 + 2pq = 0,99^2 + 2 \cdot 0,99 \cdot 0,01 = 0,9801 + 0,0198 = 0,9999$ ;
  - 3) нормальный фенотип представлен доминантными гомозиготами (AA) и гетерозиготами (Aa);
  - 4) частота мутантного фенотипа (aa) в цыганской популяции составляет:  $1/40 = 0,025 = q^2$ ;
  - 5) частота мутантного аллеля (q) составляет:  $\sqrt{0,025} = 0,1581$ ;
  - 6) дрейф генов (эффект основателя, изоляция).
  
5.
  - 1) мутантный фенотип представлен исключительно рецессивными гомозиготами (aa);
  - 2) нормальный фенотип представлен доминантными гомозиготами (AA) и гетерозиготами (Aa);
  - 3) частота мутантного фенотипа составляет  $f(aa) = 1/250000 = 0,000004$ ;
  - 4) частота нормального фенотипа составляет  $1 - q^2 = 1 - 0,000004 = 0,999996$ ;
  - 5) частота аллеля a (рецессивного, мутантного) в человеческой популяции  $q = \sqrt{0,000004} = 0,002$ ;
  - 6) частота аллеля a (рецессивного, мутантного) в популяции коренных доминиканцев  $q (q') = \sqrt{1/19000} = 0,007255$ ;
  - 7) такая частота существенно отклоняется от равновесных (предсказанных по уравнению Харди-Вайнберга) частот (от частоты q в равновесной человеческой популяции)ИЛИ
  - 7) частота аллеля (рецессивного, мутантного) a (q, q') в популяции коренных доминиканцев не совпадает с частотой (рецессивного, мутантного) аллеля a (q) в равновесной человеческой

популяции;

8) дрейф генов (эффект основателя).

6. 1) доля особей с устойчивостью к токсину (AA и Aa) составляет  $2327/2900 = 0,8024$ ;  
2) доля чувствительных к токсину особей (aa) составляет  $(2900 - 2327)/2900 = 0,1976$   
ИЛИ  
2)  $1 - 0,8024 = 0,1976$ ;  
3) чувствительными являются особи, гомозиготные по рецессивному аллелю (aa), их частота в равновесной популяции составляет  $q^2$ ;  
4) частота рецессивного аллеля устойчивости (q) составляет  $\sqrt{0,1976} = 0,4445$ ;  
5) частота доминантного аллеля устойчивости в равновесной популяции (p) составляет  $1 - q = 1 - 0,4445 = 0,5555$ ;  
6) доля погибших особей (30% чувствительных особей):  $0,3 \cdot 0,1976 = 0,0593$   
ИЛИ  
6) доля выживших особей (70% чувствительных к токсину особей и все устойчивые):  
 $0,7 \cdot 0,1976 + 0,8024 = 0,1383 + 0,8024 = 0,9407$ ;  
7) доля особей с чувствительностью к токсину непосредственно после гибели части популяции:  
 $0,1383/0,9407 = 0,1470$   
ИЛИ  
7)  $0,1383/(1 - 0,0593) = 0,1470$ ;  
8) доля особей с устойчивостью к токсину непосредственно после гибели части популяции:  
 $0,8024/0,9407 = 0,8530$   
ИЛИ  
8)  $0,8024/(1 - 0,0593) = 0,8530$   
ИЛИ  
8)  $1 - 0,1470 = 0,8530$ .