

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

1. Среди 8400 растений одного из сортов ржи 21 растение имело рецессивный признак альбинизма. Рассчитайте частоты аллелей альбинизма и нормальной пигментации, а также частоты всех возможных генотипов, если известно, что популяция находится в равновесии Харди-Вайнберга. Ответ поясните.
2. В лабораторной популяции дрозофил 96% особей имеют аутосомно-доминантный признак серого цвета тела. Рассчитайте частоты аллелей черного и серого тела, а также частоты всех возможных генотипов, если принять, что популяция находится в равновесии Харди-Вайнберга. Ответ поясните.
3. Фенилкетонурия - моногенное заболевание, возникающее в результате нарушения аминокислотного обмена, наследующееся по аутосомно-рецессивному типу. Среди японцев заболевание встречается в среднем 8 раз на 19000 рождений. При этом частота мутантного аллеля во всей человеческой популяции составляет 0,01. Рассчитайте равновесные частоты мутантного и нормального фенотипов в человеческой популяции, а также частоту мутантного аллеля среди японцев. Поясните ход решения. Какой эволюционный фактор приводит к наблюдаемому различию частот мутантного аллеля? При расчетах округляйте значения до четырех знаков после запятой.
4. Амиотрофия Верднига-Гоффмана - заболевание, связанное с поражением мышечной ткани, наследующееся по аутосомно-рецессивному типу. Во всей человеческой популяции заболевание встречается с частотой 1 случай на 9000 рождений. В одной из популяций этнической группы караимов частота мутантного аллеля составляет 0,05. Рассчитайте частоту мутантного аллеля в общечеловеческой популяции, а также равновесные частоты мутантного и нормального фенотипов в популяции караимов. Поясните ход решения. При расчете округляйте значения до четвертого знака после запятой. Какой эволюционный фактор может определять высокую частоту мутантного аллеля в караимской популяции?
5. В популяции домовых мышей рецессивный аллель определяет устойчивость к действию яда, применяемого в борьбе с грызунами. В исходной равновесной популяции устойчивость наблюдалась у 91 из 1153 особей. После применения яда погибло 424 восприимчивых к нему особей. Определите частоты всех возможных генотипов в исходной популяции и долю устойчивых к яду особей сразу после гибели части популяции (до установления нового равновесия). Поясните ход решения. При расчетах округляйте значения до четырёх знаков после запятой.
6. У одного из видов муравьёв мутантный рецессивный аллель вызывает развитие гипертрофированных жвал, что помогает дробить более твёрдую пищу. В равновесной популяции из 1230 особей с гипертрофированными жвалами было 110. Определите частоту мутантного аллеля и частоты всех возможных генотипов в исходной популяции. В данную популяцию перенесли 180 муравьёв с гипертрофированными жвалами. Как изменится частота особей с гипертрофированными жвалами сразу после смешения популяций?
7. Частота встречаемости З-М синдрома (задержка роста) в мире составляет 0,000001. Однако, в Якутии частота встречаемости людей с данным синдромом — 0,0001. Рассчитайте долю здоровых носителей рецессивного аллеля в мировой популяции. Известно, что мировая популяция людей находится в равновесии Харди-Вайнберга. Докажите, что популяция якутов находится не в равновесии Харди-Вайнберга и определите за счёт действия какого эволюционного фактора наблюдается отклонение от равновесия?

### Закон Харди-Вайнберга. Итоговая диагностика. Ответы.

- 1) частота растений с альбинизмом составляет  $21/8400 = 0,0025$ ;
  - 2) альбинизм имеют растения с генотипом  $aa$ , в равновесной популяции доля таких растений составляет  $q^2$ ;
  - 3) частота аллеля  $q$  в популяции составляет  $0,05$ ;
  - 4) частота аллеля  $p$  в популяции составляет  $1 - q = 0,95$ ;
  - 5) частота генотипа  $Aa$  в равновесной популяции составляет  $2pq = 0,095$ ;
  - 6) частота генотипа  $AA$  в равновесной популяции  $p^2 = 0,9025$ .
- 1) частота дрозофил с черным телом составляет  $100\% - 96\% = 4\% (0,04)$ ;
  - 2) черное тело имеют дрозофилы с генотипом  $aa$ , в равновесной популяции доля таких особей составляет  $q^2$ ;
  - 3) частота аллеля  $q$  в популяции составляет  $0,2$ ;
  - 4) частота аллеля  $p$  в популяции составляет  $1 - q = 0,8$ ;
  - 5) частота генотипа  $Aa$  (серое тело, гетерозиготы) в равновесной популяции составляет  $2pq = 0,32$ ;
  - 6) частота генотипа  $AA$  (серое тело, гомозиготы) в равновесной популяции  $p^2 = 0,64$ .
- 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 ( $aa$ ) у японцев составляет:  $8/19000 = 0,0004 = q^2$ ;
  - 5) частота мутантного аллеля ( $q$ ) у японцев составляет:  $\sqrt{0,0004} = 0,0200 (0,0205)$ ;
  - 6) дрейф генов (эффект основателя, изоляция).
- 1) частота мутантного фенотипа ( $aa$ ) в общечеловеческой популяции составляет:  $q^2 = 1/9000 = 0,0001$ ;
  - 2) частота мутантного аллеля в общечеловеческой популяции составляет:  $q = \sqrt{0,0001} = 0,01$ ;
  - 3) равновесная частота мутантного фенотипа ( $aa$ ) в популяции караимов составляет:  $q^2 = 0,05^2 = 0,0025$ ;
  - 4) равновесная частота нормального фенотипа в популяции караимов составляет:  $1 - q^2 = 0,9975$   
ИЛИ
  - 4) равновесная частота нормального фенотипа в популяции караимов составляет:  $p^2 + 2pq = 0,95^2 + 2 \cdot 0,95 \cdot 0,05 = 0,9025 + 0,095 = 0,9975$ ;
  - 5) нормальный фенотип представлен доминантными гомозиготами ( $AA$ ) и гетерозиготами ( $Aa$ );
  - 6) дрейф генов (эффект основателя, изоляция).

5. 1) частота особей с устойчивостью к яду составляет  $91/1153 = 0,0789$ ;
- 2) устойчивыми являются особи, гомозиготные по рецессивному аллелю (aa), их частота в равновесной популяции составляет  $q^2$ ;
- 3) частота рецессивного аллеля устойчивости (q) составляет  $\sqrt{0,0789} = 0,2809$ ;
- 4) частота доминантного аллеля в равновесной популяции (p) составляет  $1 - q = 1 - 0,2809 = 0,7191$ ;
- 5) частота гетерозиготных восприимчивых особей с генотипом Aa в равновесной популяции составляет  $2pq = 2 \cdot 0,7191 \cdot 0,2809 = 0,4040$ ;
- 6) частота гомозиготных восприимчивых особей с генотипом AA в равновесной популяции составляет  $p^2 = 0,7191^2 = 0,5171$ ;
- 7) доля погибших особей (424 особи из 1153) =  $424/1153 = 0,3677$ ;
- ИЛИ
- 7) доля выживших особей (729 особей из 1153) =  $729/1153 = 0,6323$ ;
- 8) доля устойчивых к яду особей непосредственно после гибели части популяции:  $0,0789/0,6323 = 0,1248$
- ИЛИ
- $0,0789/(1 - 0,3677) = 0,1248$ .
6. 1) частота муравьёв с гипертрофированными жвалами (aa) составляет  $110/1230 = 0,0894$ ;
- 2) особи с гипертрофированными жвалами – гомозиготы по рецессивному аллелю, их частота равна  $q^2$ ;
- 3) частота рецессивного аллеля (q) составляет  $\sqrt{0,0894} = 0,2990$ ;
- 4) частота доминантного аллеля (p) =  $1 - 0,2990 = 0,7010$ ;
- 5) частота особей с гетерозиготным генотипом (Aa) =  $2pq = 2 \cdot 0,7010 \cdot 0,2990 = 0,4192$ ;
- 6) частота доминантных гомозигот (AA) =  $0,7010^2 = 0,4914$ ;
- после появления 180 муравьёв:
- 7) численность популяции стала  $1230 + 180 = 1410$ ;
- 8) частота муравьёв с гипертрофированными жвалами (aa) будет составлять  $290/1410 = 0,2057$ .
7. 1) частота встречаемости мутантного аллеля в мировой популяции —  $q(a) = \sqrt{0,000001} = 0,001$ ;
- 2) частота нормального аллеля в мировой популяции —  $p(A) = 1 - 0,001 = 0,999$ ;
- 3) доля здоровых носителей рецессивного аллеля в мировой популяции ( $2pq$ ):  $2 \cdot 0,999 \cdot 0,001 = 0,001998$ ;
- 4) частота встречаемости мутантного аллеля в популяции якутов —  $q(a) = \sqrt{0,0001} = 0,01$ ;
- 5) частота аллеля q отличается от равновесной (мировой) популяции, а значит, популяция не находится в равновесии Харди-Вайнберга;
- 6) такое отклонение от равновесных частот возникло вследствие действия дрейфа генов (эффекта основателя, эффекта «бутылочного горлышка»).