

Определение генетической структуры популяций

1. Определение генетической структуры популяции при моногенных различиях

Одним из путей изучения генетики панмиктической популяции является исследование характера и частоты распространения в ней особей, гомозиготных и гетерозиготных по отдельным генам.

Закономерность, которой должно подчиняться в панмиктической популяции распределение генотипических классов, контролируемых двумя аллелями аутосомного гена (A и a), была установлена в 1908 г. независимо друг от друга английским математиком Г. Харди и немецким медиком В. Вайнбергом (формула 1):

$$p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 1$$

или

$$P + G + Q = 1. \quad (1)$$

Преобразовав формулу Харди – Вайнберга в следующее равенство, можно определить находится ли популяция по какому-либо локусу в состоянии равновесия или оно нарушено (формула 2):

$$G^2 = 4 PQ, \quad (2)$$

т. е. популяция находится в равновесном состоянии, если доля гомозиготных доминантных генотипов, помноженная на долю рецессивных генотипов и увеличенная в 4 раза, будет равна квадрату доли гетерозиготных генотипов.

Если выполняется данное равенство, можно утверждать, что частоты генов и генотипов находятся в равновесии, т. е. в популяции выполняется закон Харди – Вайнберга.

2. Определение генетической структуры популяции при множественном аллелизме

При наличии в популяции серии аллелей по данному локусу A_1, A_2, \dots, A_n (n – количество аллелей) количество возможных генотипов будет соответствовать:

n для гомозигот ($A_1A_1, A_2A_2, \dots, A_nA_n$);

$\frac{n(n-1)}{2}$ для гетерозигот ($A_1A_2, A_1A_3, \dots, A_{n-1}A_n$).

При наличии трех аллелей – A_1, A_2 и A_3 – в панмиктической популяции будет поддерживаться 6 различных генотипов ($A_1A_1, A_2A_2, A_3A_3, A_1A_2, A_1A_3, A_2A_3$). Пусть частоты аллелей равны p_{A_1}, q_{A_2} и r_{A_3} , тогда частоты генотипов будут найдены при возведении в квадрат трехчлена $(p_{A_1} + q_{A_2} + r_{A_3})^2$:

$$p^2A_1A_1 + 2pqA_1A_2 + q^2A_2A_2 + 2prA_1A_3 + 2qrA_2A_3 + r^2A_3A_3 = 1 \quad (3)$$

При нарушении равновесия достаточно одного поколения случайных скрещиваний, чтобы равновесное состояние вновь восстановилось, но уже при новых значениях аллельных частот.

3. Определение генетической структуры популяции при наличии генов, сцепленных с полом

Пусть в исходной ситуации мужские особи имели аллели А и а с частотами pA_x и qa_x , а женские особи – с частотами pA_{xx} и qa_{xx} .

Мужские растения развиваются из тех зигот, в которых имеется только одна X-хромосома. Значит, все они получают свою X хромосому от материнской формы. При случайном скрещивании мужские особи первого гибридного поколения получают аллели А и а от женских особей родительского поколения и в среднем с теми же частотами. И вообще, частота аллеля А у мужских особей последующего ($n + 1$) поколения равна частоте этого аллеля у женских особей предыдущего (n) поколения:

$$pA_x^{n+1} = pA_{xx}^n. \quad (4)$$

Это же верно и для аллеля а.

Женские растения развиваются из тех зигот, в которых имеется две хромосомы X, полученные от материнской и отцовской формы. Поэтому у женских особей частота аллеля А для последующего ($n + 1$) поколения равна среднему арифметическому частот этого аллеля у мужских и женских особей предыдущего поколения:

$$pA_{xx}^{n+1} = \frac{pA_x^n + pA_{xx}^n}{2}; \quad (5)$$

Для достижения равновесного состояния необходимо 6–7 поколений случайных скрещиваний.

4. Определение генетической структуры популяции при дигенных различиях

Анализ частот в популяции при дигенных различиях необходим при изучении дигибридного скрещивания, а также наследования многих количественных признаков.

Рассмотрим генетическую систему, состоящую из двух несцепленных аутосомных генов. Каждый из этих генов представлен двумя аллелями: А и а; В и b. Как известно, при дигибридном скрещивании имеется четыре типа гамет: АВ, Ab, aВ, ab и девять генотипов: ААВВ, ААВb, АaВВ, АaВb, АAbb, Aabb, aaВВ, aaВb, aabb.

Пусть частоты аллелей таковы: А – p, а – q; В – m, b – n. Тогда вероятность встретить генотип ААВВ должна быть равна p^2m^2 , вероятность встретить генотип АaВb – $4pqmn$ и т. д. Таким образом, для дигибридного скрещивания получаем следующие вероятности генотипов:

$$p^2m^2 \text{ ААВВ} + 2 p^2mn \text{ ААВb} + 2 pqm^2 \text{ АaВВ} + 4 pqmn \text{ АaВb} + \\ + p^2n^2 \text{ АAbb} + 2 pqn^2 \text{ Aabb} + q^2m^2 \text{ aaВВ} + 2 q^2mn \text{ aaВb} + q^2n^2 \text{ aabb} = 1 \quad (6)$$

Таким образом, применительно к популяции с дигенными различиями формула Харди – Вайнберга будет выглядеть следующим образом:

$$(p^2AA + 2pqAa + q^2aa) \cdot (m^2BB + 2mnBb + n^2bb) = 1 \quad (7)$$

Таким образом, при дигенных различиях равновесное состояние устанавливается в популяции только после смены нескольких поколений.