

# Закон Харди-Вайнберга

# Основные термины и понятия

- Эволюция
- Популяция
- Генотип
- Фенотип
- Ген
- Аллель
- Мутация
- Миграция
- Дрейф генов
- Естественный отбор
- Гомозиготный генотип
- Гетерозиготный генотип

# Формулировка и условия выполнения закона Харди – Вайнберга.

ОСНОВНОЕ утверждение закона Харди – Вайнберга состоит в том, что в отсутствии элементарных эволюционных процессов, а именно мутаций, отбора, миграций и дрейфа генов, частоты генотипов остаются неизменными из поколения в поколение. Этот закон утверждает также, что частоты генотипов связаны с частотами генов простыми (квадратичными) соотношениями.

# Из закона Харди – Вайнберга вытекает следующий вывод:

- Если частоты аллелей у самцов и самок исходно одинаковы, то при случайном скрещивании равновесные частоты генотипов в любом локусе достигаются за одно поколение.
- Если имеются только 2 аллеля,  $A$  и  $a$ , с частотами  $p$  и  $q$ , то частоты трех возможных генотипов выражаются уравнением:

$$\begin{array}{cccccc} (p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 \\ A & a & AA & Aa & aa \end{array}$$

Где буквами во второй строке, обозначены аллели  
генотипы.

# Из закона Харди – Вайнберга вытекает следующий вывод:

- Если имеются 3 аллеля, например, A1, A2, A3, частотами p, q, r, то частоты генотипов определяются следующим образом:

$$(p + q + r)^2 = p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2pr + 2qr$$

A1 A2 A3

Затем получим соответственно следующие варианты генотипов:

A1A1; A2A2; A3A3; A1A2; A1A3; A2 A3.

Аналогичный прием возведения в квадрат многочлена может быть использован для определения равновесных частот генотипов при любом числе аллелей, причем сумма всех частот аллелей, так же, как и сумма всех генотипов всегда должна быть = 1.

# ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА Харди – Вайнберга

- Одно из применений закона состоит в том, что он позволяет рассчитать некоторые из частот генов и генотипов в тех случаях, когда не все генотипы могут быть идентифицированы вследствие доминантности некоторых аллелей.
- Одно из следствий закона Харди – Вайнберга состоит в том, что редкие аллели присутствуют в популяции главным образом в гетерозиготном состоянии.

# ЗАДАЧА №1 на применение закона Харди – Вайнберга.

- В большой перекрестно скрещивающейся популяции доля особей ММ составляет 0,16. Если все генотипы обладают одинаковым репродуктивным потенциалом то, сколько особей в популяции должно быть с рецессивным признаком, если численность популяции 300 000?

# Решение задачи №1

Решение: Для решения используем уравнение Харди – Вайнберга для локуса, имеющего 2 аллеля.

$$p^2 (MM) + 2pq (Mm) + q^2 (mm) = 1;$$

$$p^2 = 0,16 \text{ по условию задачи}$$

- находим частоту аллеля M:  $p = \sqrt{0,16} = 0,4$ ;
- находим частоту аллеля m:  $q = 1 - p, q = 1 - 0,4 = 0,6$
- находим частоту генотипа mm:  $q^2 = 0,6^2 = 0,36$
- находим число особей с рецессивным генотипом, при условии, что  
 $N = 300\ 000; N_{mm} = 300\ 000 * 0,36 = 108\ 000.$



# ЗАДАЧА №2 на применение закона Харди – Вайнберга.

- Популяция имеет следующее соотношение генотипических частот: 0,25  $CC$ ; 0,39  $Cc$ ; 0,36  $cc$

Указать, находится данная популяция в равновесии или нет.

Какие частоты генотипов будут соответствовать равновесному состоянию данной популяции?

# Решение задачи №2

Решение: Для того чтобы определить, находится ли данная популяция в состоянии генотипического равновесия, найдем генотипические частоты в следующем поколении.

- $p_1 = p^2 + 2pq / 2 = 0,25 + 0,39 / 2 = 0,44$
- $q_1 = 1 - p, q = 1 - 0,44 = 0,56$
- $p_1^2 = 0,44^2 = 0,2$
- $q_1^2 = 0,56^2 = 0,3$
- $2p_1q_1 = 2 * 0,44 * 0,56 = 0,5$
- $0,2 cc + 0,5 Cc + 0,3 cc = 1$ , так как генотипические частоты в следующем поколении меняются, то исходная популяция не была равновесна. По закону Пирсона первое свободное скрещивание приводит популяцию в состояние генотипического равновесия, то есть равновесные частоты соответствуют частотам генотипов в F1.