

Генетические процессы в популяциях

ЗАДАНИЕ 1. Ознакомьтесь с понятиями популяция, панмиксия, генофонд, частота гена, частота генотипа

Популяцией называется совокупность особей одного вида, занимающих определенный ареал, свободно скрещивающихся друг с другом и изолированных от других популяций данного вида и дающих плодовитое потомство.

Генетика популяций – раздел генетики, изучающий закономерности наследования признаков и генетическую структуру популяции, т. е. частоту встречаемости в ней растений или животных, имеющих все возможные сочетания генов – AA, Aa, aa или AABV, AaBV, AABV, aaBV, AAAb, AaBV, aaBV, aabb, а также частоту встречаемости соответствующих аллелей.

Генетическая структура популяции того или иного вида зависит от ряда факторов, в том числе и от способа размножения и опыления. Впервые генетическая структура популяции самоопыляющихся растений была изучена В. Иогансеном в 1903 г. на фасоли.

Большинство видов растений и животных в популяциях размножаются половым путем при свободном скрещивании, обеспечивающем равновероятную встречаемость гамет.

Равновероятная встречаемость гамет при свободном переопылении всех растений в популяции называется **панмиксией**, а такая популяция называется **панмиктической**.

Например, растения одного сорта ржи, растущие на одном поле при оптимальных условиях опыления, представляют собой панмиктическую популяцию, в которой при перекрестном опылении равновероятна встречаемость любых гамет.

Вся генетическая информация (совокупность генов) данной популяции называется ее **генофондом**. Для упрощения анализа структуры популяции принято рассматривать не весь генофонд, а одну пару аллелей (например, А и а).

В понятие **генетической структуры популяции** включают частоты аллелей и частоты генотипов. Частоты аллелей определяют или в долях единицы (0,6 А и 0,4 а), или в процентах (60 % А и 40 % а). Частоты генотипов также определяют или в долях единицы (0,36 AA : 0,48 Aa : 0,16 aa), или в процентах (36 % AA : 48 % Aa : 16 % aa).

Генетическая структура панмиктической популяции может быть в состоянии равновесия и не изменяться в поколениях или претерпевать динамические изменения под воздействием мутагенеза, отбора и других причин.

ЗАДАНИЕ 2. Ознакомьтесь с законом Харди – Вайнберга и методикой определения генетической структуры популяции

Генетическая структура популяции, определяемая частотой распределения генотипов, подчиняется **закону Харди – Вайнберга**, установленному ими в 1908 г.

Условия, при которых действует закон Харди – Вайнберга следующие:

- неограниченно большая популяция;
- отсутствие факторов, изменяющих концентрацию генов;
- свободное скрещивание особей;
- отсутствие отбора, мутаций данных генов и миграции;

– численные соотношения аллелей А и а, численные соотношения генотипов АА, аа и Аа остаются из поколения в поколение постоянными.

Условия, при соблюдении которых действует этот закон, практически невозможны ни в одной реально существующей популяции, поэтому его следует рассматривать как закон, применимый для идеальной (модельной) популяции, с которой можно сопоставить конкретные природные и экспериментальные популяции.

Закон Харди – Вайнберга позволяет рассчитать частоты аллелей и генотипов в каждой конкретной панмиктической популяции.

Частоту встречаемости гамет с доминантным аллелем принято обозначать p – p_A , частоту встречаемости рецессивного аллеля данного гена q – q_a . Таким образом, частоты данных аллелей в популяции можно выразить формулой 1.

$$p_A + q_a = 1, \quad (1)$$

где p_A – частота доминантного аллеля А;

q_a – частота рецессивного аллеля а.

В панмиктической популяции встречаемость гамет равновероятна, поэтому можно установить и частоты генотипов (табл. 1).

Таблица 1. Возможные комбинации гамет в популяции при свободном скрещивании.

♀	♂	p_A	q_a
p_A		p^2AA	$pqAa$
q_a		$pqAa$	q^2aa

Суммируя данные о частоте генотипов, образующихся в результате равновероятной встречаемости гамет, Харди и Вайнберг вывели формулу (2) частоты генотипов в панмиктической популяции:

$$p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 1. \quad (2)$$

Данная формула позволяет рассчитать частоты аллелей и генотипов в каждой конкретной панмиктической популяции.

При полном доминировании признака можно определить частоту рецессивного генотипа. Он будет гомозиготен по аллелю аа, поэтому можно определить частоту рецессивного аллеля а (формула 3):

$$q_a = \sqrt{q^2aa}. \quad (3)$$

Зная частоту рецессивного аллеля, можно вычислить:

- частоту доминантного аллеля (формула 4);
- частоту доминантного гомозиготного генотипа (формула 5);
- частоту гетерозиготного генотипа (формула 6).

$$p_A = 1 - q_a, \quad (4)$$

$$p^2AA = (p_A)^2, \quad (5)$$

$$2pqAa = 2 \cdot p_A \cdot q_a. \quad (6)$$

В панмиктической популяции из поколения в поколение будет сохраняться генетическое равновесие, т. е. будут сохраняться частоты генов и генотипов, присущие исходной популяции.

Равновесие в популяции может нарушаться под влиянием мутаций, отбора, изменения численности популяции, избирательности оплодотворения и др.

ЗАДАНИЕ 3. Решите типовую задачу с определением генетической структуры популяции

Пример.

У подсолнечника наличие панцирного слоя в семянке доминирует над отсутствием его и наследуется моногенно. При апробации установлено, что семянки 4 % растений не имеют панцирного слоя.

1. Какова частота рецессивного аллеля в популяции?
2. Какова частота доминантного аллеля в популяции?
3. Сколько растений (%) является доминантными гомозиготами?
4. Сколько растений (%) является гетерозиготами?
5. Сколько гетерозиготных растений (%) будет в другой панмиктической популяции, при апробации которой установлено, что количество растений с беспанцирными сеянками составляет 12,25 %?

Решение и ответы.

Подсолнечник

Наличие панцирного слоя у семянок.

A – наличие панцирного слоя;

a – отсутствие панцирного слоя.

$$q^2 = 4 \% (0,04).$$

1. Определяем частоту рецессивного аллеля в популяции по формуле 3.

$$q_a = \sqrt{q^2aa} = \sqrt{0,04} = 0,2$$

2. Определяем частоту доминантного аллеля в популяции по формуле 4.

$$p_A = 1 - q_a = 1 - 0,2 = 0,8.$$

3. Определяем количество доминантных гомозигот в популяции по формуле 5.

$$p^2AA = (p_A)^2 = 0,8^2 = 0,64 (64 \%).$$

4. Определяем количество гетерозигот в популяции по формуле 6.

$$2pqAa = 2 \cdot p_A \cdot q_a = 2 \cdot 0,8 \cdot 0,2 = 0,32 (32 \%).$$

5. Рассчитываем долю гетерозигот в другой панмиктической популяции по формулам 3, 4 и 6.

$$q^2aa = 12,25 \% (0,1225).$$

$$q_a = \sqrt{0,1225} = 0,35.$$

$$p_A = 1 - 0,35 = 0,65.$$

$$2pqAa = 2 \cdot 0,35 \cdot 0,65 = 0,455 (45,5 \%).$$

МАТЕРИАЛ

1. Зерновки районированных сортов (средняя проба) озимой ржи, семянки подсолнечника, початки кукурузы;
2. Ланцет, разборные доски, линейки;
3. Карточки с индивидуальными заданиями;
2. Тестовые задания.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Дайте определение понятию популяция.
2. Дайте определение понятию панмиктическая популяция.
2. Что такое панмиксия?
3. Что такое частота гена?
4. Что такое частота генотипа?
5. Расскажите о законе Харди – Вайнберга.
6. Как рассчитать генетическую структуру популяции?
7. Назовите условия, при которых действует закон Харди – Вайнберга.
8. Для каких популяций применяется закон Харди – Вайнберга?
9. Что такое равновесие генетической структуры в поколениях?
10. В каких случаях популяция выходит из состояния равновесия?

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. У свеклы карминово-красная окраска мякоти корнеплода определяется доминантным геном, белая – рецессивным геном.

В панмиктической популяции столовой свеклы из 2460 проанализированных растений 72,8 % корнеплодов были карминово-красные и 27,2 % – с белой окраской.

1. Сколько растений имеют рецессивный признак?
2. Чему равна частота доминантного аллеля в данной популяции?
3. Сколько растений является гетерозиготами?
4. Сколько растений является доминантными гомозиготами?
5. Чему равен процент гетерозигот у сорта Бордо, если при оценке установлено, что в посеве содержится 28,8% растений с белой окраской корнеплода?

2. У озимой ржи сорта Радзима антоциановая (красно-фиолетовая) окраска всходов обусловлена доминантным аллелем А, зеленая – рецессивным аллелем а.

На участке площадью 0,5 га произрастает 2 млн. растений. При анализе растений на метровых площадях было установлено, что 87 % растений имеют антоциановые всходы, остальные – зеленые.

1. Сколько растений (%) имеет зеленую окраску всходов?
2. Чему равна частота рецессивного аллеля в данной популяции?
3. Чему равна частота доминантного аллеля в данной популяции?
4. Сколько растений в данной популяции имеют генотип Аа?
5. Сколько растений в данной популяции имеют генотип АА?

3. У костреца безостого встречаются растения альбиносы (рецессивный признак).

В панмиктической популяции из 2420 растений 50 имеют белую окраску листьев.

1. Сколько растений (%) имеет рецессивный признак?
2. Чему равна частота рецессивного аллеля в данной популяции?
3. Чему равна частота доминантного аллеля в данной популяции?
4. Сколько растений является доминантными гомозиготами?
5. Сколько растений является гетерозиготами?

4. У кукурузы высокорослость растений доминирует над карликовостью.

При проведении анализа посева кукурузы было обнаружено 64 % высокорослых растений и 36 % карликовых. Число анализируемых растений составило 400.

1. Чему равна частота рецессивного аллеля в данной популяции?
2. Чему равна частота доминантного аллеля в данной популяции?
3. Сколько растений является доминантными гомозиготами?
4. Сколько растений (%) является гетерозиготами?
5. Сколько растений является гетерозиготами?

5. У дикорастущей земляники красная окраска ягод доминирует над белой окраской.

В популяции земляники, состоящей из 1560 растений, 72 растения имеют белую окраску ягод.

1. Чему равна частота рецессивного аллеля в данной популяции?
2. Чему равна частота доминантного аллеля в данной популяции?
3. Чему равен процент гетерозигот в данной популяции?
4. Сколько растений имеют розовую окраску ягод?
5. Сколько растений имеют красную окраску ягод?

6. У моркови желтая окраска корнеплода доминирует над красной окраской.

В популяции моркови сорта Нантская 5, состоящей из 1500 растений, 50 растений имели красную окраску корнеплода.

1. Сколько растений (%) имеют рецессивный признак?
2. Чему равна частота рецессивного аллеля в данной популяции?
3. Чему равна частота доминантного аллеля в популяции?
4. Сколько растений является доминантными гомозиготами?
5. Сколько растений является гетерозиготами?

7. У тыквы зеленая окраска плода является рецессивной по отношению к белой окраске.

В популяции тыквы д. Забрево было найдено 345 растений с белой окраской плодов и 34 растения с зеленой окраской.

1. Сколько растений (%) является рецессивными гомозиготами?
2. Чему равна частота рецессивного аллеля в данной популяции?
3. Чему равна частота доминантного аллеля в данной популяции?
4. Сколько растений (%) является доминантными гомозиготами?
5. Сколько растений является гетерозиготами?

8. У ржи наличие воскового налета на листьях и солоmine доминирует над отсутствием воскового налета.

При анализе апробационного снопа, состоящего из 340 растений, было обнаружено, что 40 растений не имели воскового налета.

1. Сколько растений (%) имеют рецессивный признак?
2. Чему равна частота рецессивного аллеля в данной популяции?
3. Чему равна частота доминантного аллеля в данной популяции?
4. Сколько доминантных гомозиготных растений (%) содержится в популяции?
5. Сколько гетерозиготных по данным аллелям растений (%) содержится в популяции?

9. У люцерны пурпурная окраска цветков доминирует над белой окраской.

В популяции, состоящей из 2128 растений, 73 растения имели белую окраску.

1. Сколько растений (%) имеет рецессивный признак?
2. Чему равна частота рецессивного аллеля в данной популяции?
3. Чему равна частота доминантного аллеля в данной популяции?
4. Сколько растений является доминантными гомозиготами?
5. Сколько растений является гетерозиготами?

10. В популяции укропа сорта Грибовский-3 встречаются растения с мелкими зонтиками (диаметр 5–10 см) – рецессивный признак и растения с крупными зонтиками (диаметр 15–25 см) – доминантный признак.

При апробации было установлено, что 7,5 % растений имели мелкий зонтик.

1. Чему равна частота рецессивного аллеля в данной популяции?
2. Чему равна частота доминантного аллеля в данной популяции?
3. Сколько растений (%) является гетерозиготами?
4. Сколько растений (%) является доминантными гомозиготами?
5. В другой популяции сорта Грибовский-3, состоящей из 1100 растений, 91 имело мелкие зонтики. Определите частоту рецессивного аллеля в этой популяции.