



КЕМЕРОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ
ИНСТИТУТ

ТЕМА 8. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОНТОГЕНЕЗА. ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ

План



1. Генетическая программа развития организма

2. Дифференциальная активность генов

3. Закон Харди-Вайнберга

4. Генетические процессы в популяциях

5. Генетический гомеостаз и полиморфизм популяции



1. Генетическая программа развития организма



Индивидуальное развитие организма от оплодотворенной яйцеклетки до естественной смерти (или деления одноклеточного организма) называется **онтогенезом** (от греч. *ontos* – существо и *genesis* – происхождение, развитие)

Генетика онтогенеза изучает генетические основы индивидуального развития путем изучения действия генов на обменные и морфологические процессы в системе онтогенеза

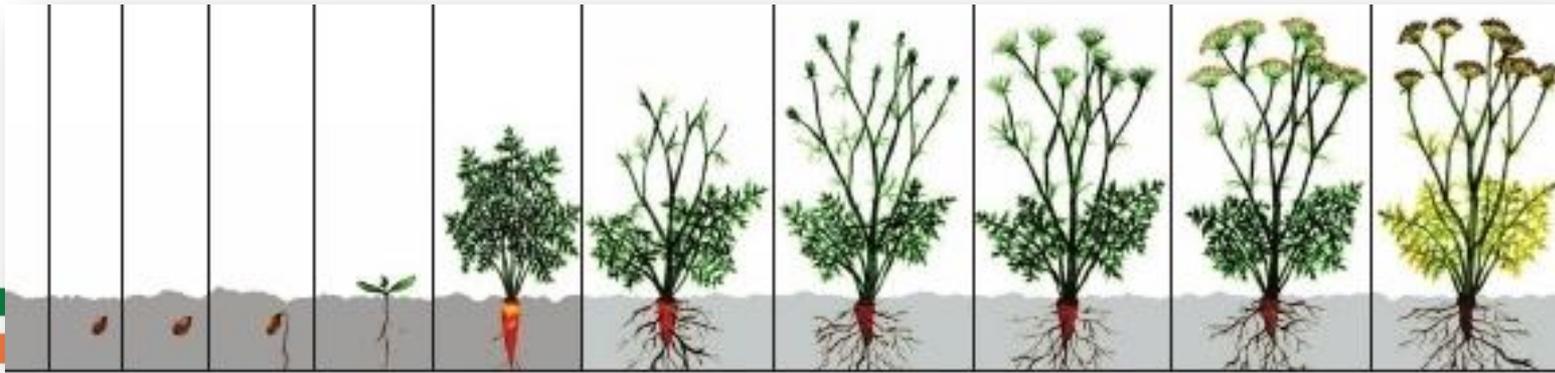
Этапы онтогенеза

Эмбриональный

Период роста

Период зрелости
(размножения)

Период старости

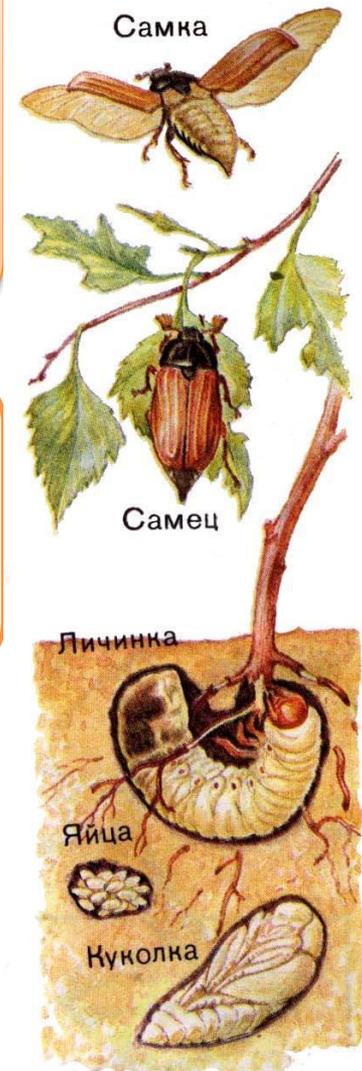


1. Генетическая программа развития организма

Генетическая программа индивидуального развития - совокупность генов, определяющих становление организма от оплодотворенной яйцеклетки до взрослой особи. При этом клетки, образующиеся при делении зиготы, сохраняют наследственную информацию, свойственную ядру зиготы.

Ядра клеток содержат полную генетическую информацию о развитии целого организма, а цитоплазма яйцеклетки – полный набор индукторов для включения всех нужных блоков генов.

Во всех клетках сохраняются все гены, однако в тех клетках, где деятельность их не нужна, они находятся в неактивном состоянии.



1. Генетическая программа развития организма



Виды генов клетки

а) функционирующие во всех клетках (например, гены, кодирующие ферменты энергетического обмена)

б) функционирующие в клетках одной ткани (например, синтез белков в запасающей ткани)

в) специфичные для каждого типа клеток (например, синтез хлорофилла в клетках ассимиляционной паренхимы)

Каждый тип клеток характеризуется своим набором активных генов. Чем более специализированы клетки, тем меньше в них активных генов.



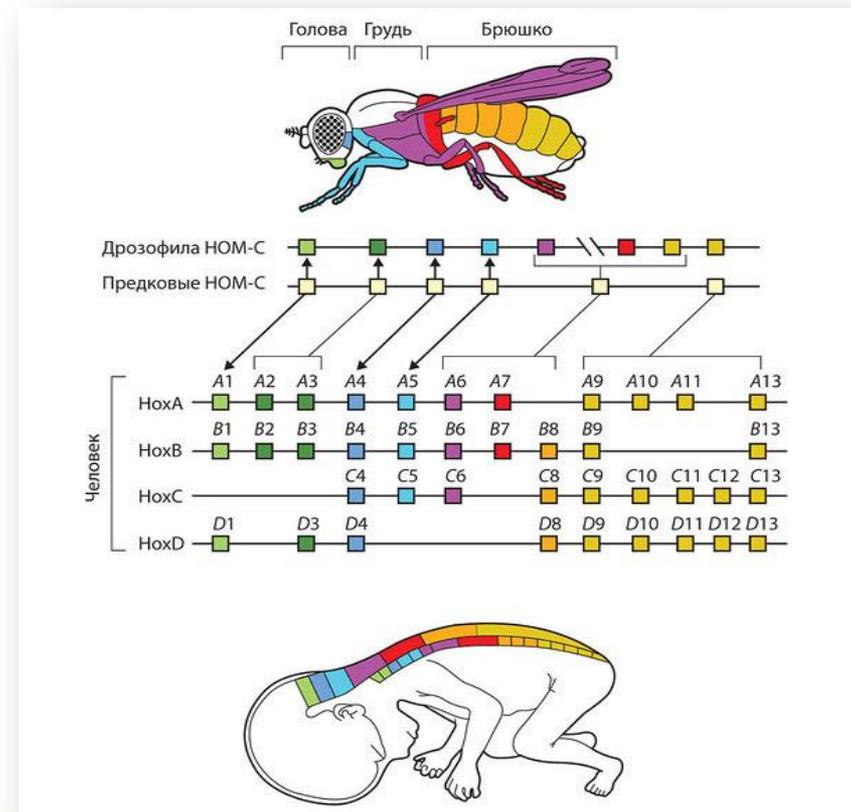
1.

Дифференциальная активность генов

Образование в процессе развития из однородных клеток разнообразных по морфологическим признакам и функциям типов клеток, тканей и органов называется **дифференциацией**

В основе дифференциации тканей организма лежит различная активность генов

Механизмами дифференциальной активности генов являются различия в структуре цитоплазмы, клеточная индукция и гормоны



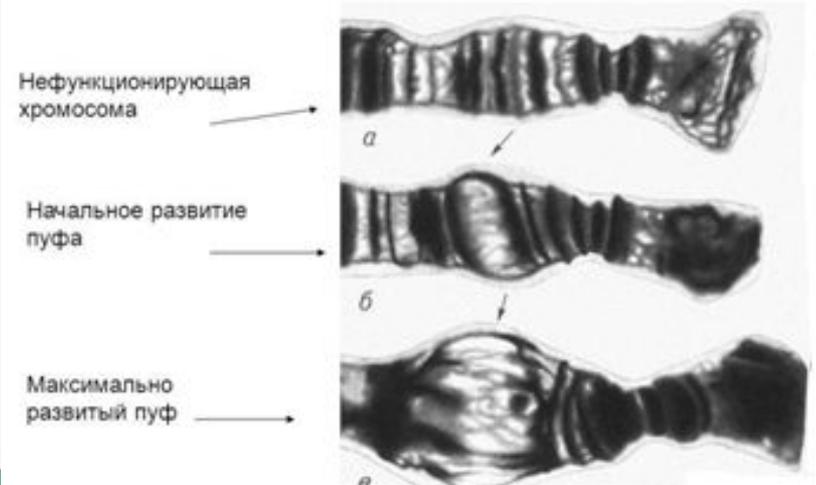
2. Дифференциальная активность генов



Активность генов можно наблюдать под микроскопом на гигантских хромосомах слюнных желез дрозофилы. Гигантские политенные хромосомы образуются в результате явления политении, когда число хромосом в хромосомах увеличивается, но образующиеся хроматиды не расходятся, расщепления хромосом не происходит и они утолщаются. Функциональные изменения хромосом выражаются в образовании своеобразных вздутий – пuffed.

Пуффы – это локусы хромосом, в которых осуществляется синтез и-РНК, т.е. происходит интенсивная работа генов. На разных стадиях развития личинки дрозофилы меняется число и расположение пуффов, так как в процессе онтогенеза функциональная активность различных генов изменяется.

Политенные хромосомы личинок некоторых насекомых



2. Дифференциальная активность генов



Этапы дифференцировки

Первопричиной дифференцировки клеток является химическая разнородность цитоплазмы яйцеклетки, которая усиливается после оплодотворения (сегрегация)

Химическая разнородность цитоплазмы яйцеклетки переходит в химическую разнородность цитоплазмы бластомеров, которые содержат разные индукторы

Разные индукторы включают в работу различные транскриптоны (транскриптон – единица считывания генетической информации у эукариот)

Синтезируются разные белки-ферменты. Различные белки-ферменты катализируют разные типы биохимических реакций

В разных бластомерах идет синтез разных типо- и тканеспецифических белков, вследствие чего образуются разные типы клеток (морфологическая разнородность)

Различные типы клеток образуют разные ткани, а те в свою очередь – разные органы

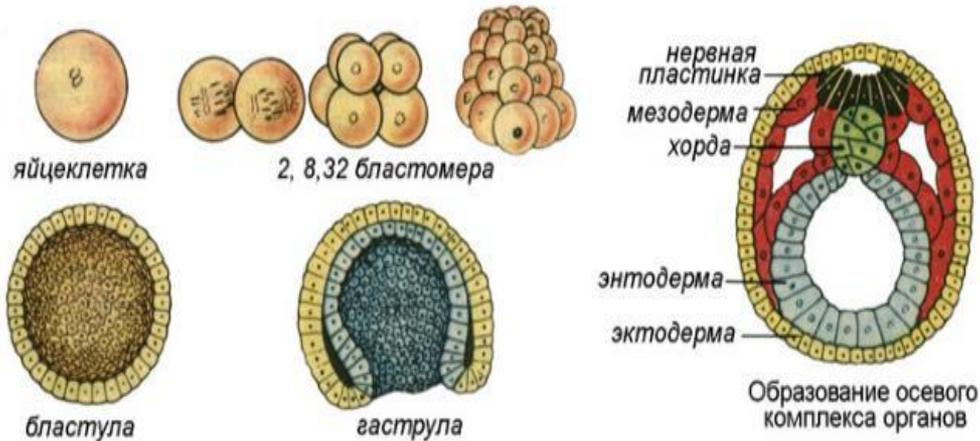


2. Дифференциальная активность генов



Главный механизм дифференцировки – блокировка и деблокировка разных транскриптов на каждом этапе онтогенеза.

Ранние стадии развития ланцетника



На ранних стадиях дробления зиготы бластомеры являются **тотипотентными**, т.е. каждый из них может дать начало целому организму. Установлено, что у тритона тотипотентность сохраняется до стадии 16 бластомеров, у кроликов – до 4.

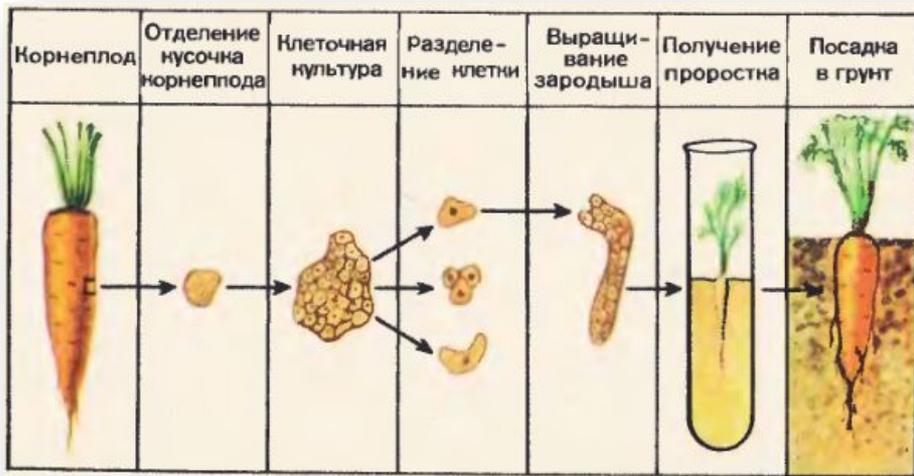
О существовании тотипотентности бластомеров у человека говорят случаи рождения нескольких монозиготных близнецов. Постепенно клетки становятся детерминированными, т.е. развитие их уже окончательно запрограммировано, и они могут давать начало только определенному типу клеток.

2. Дифференциальная активность генов



У некоторых организмов клетки могут **дедифференцироваться** и обретать **тотипотентность**. Срезанные части растений и каллус могут быть использованы для выращивания целого растения.

Схема клонирования растений



Вегетативное размножение растений



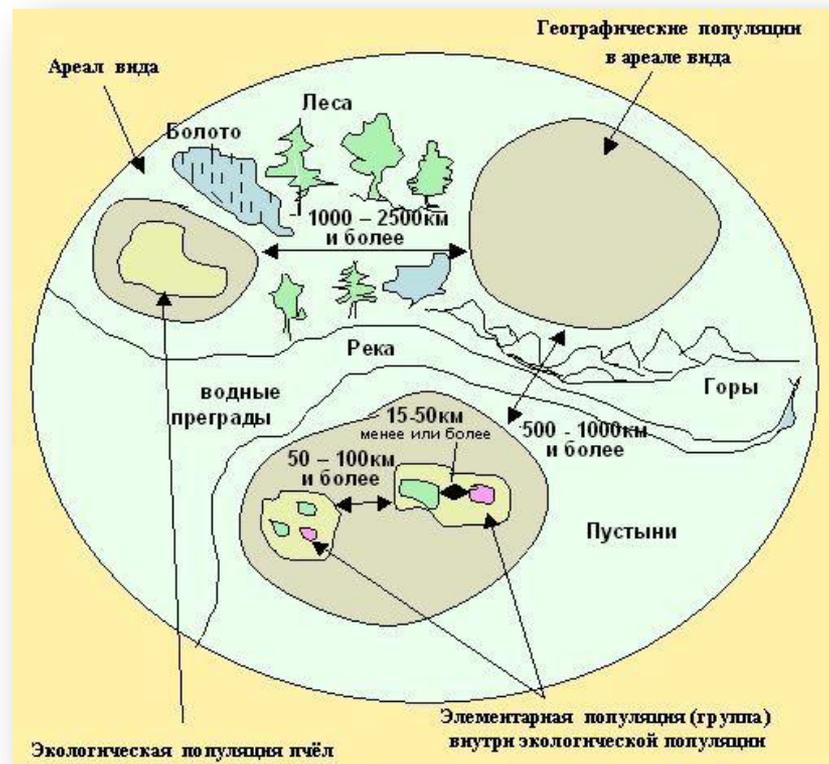


3.

Закон Харди-Вайнберга

Популяционная генетика – это раздел генетики, в котором рассматривается наследственная изменчивость в группах организмов, т.е. в популяциях.

Популяция – это группа организмов одного вида, скрещивающихся между собой или потенциально способных к скрещиванию, населяющая определённый ареал и проявляющая определённые взаимоотношения. Популяции возникают и эволюционируют не только в природе, но и в процессе селекции.



3. Закон Харди-Вайнберга



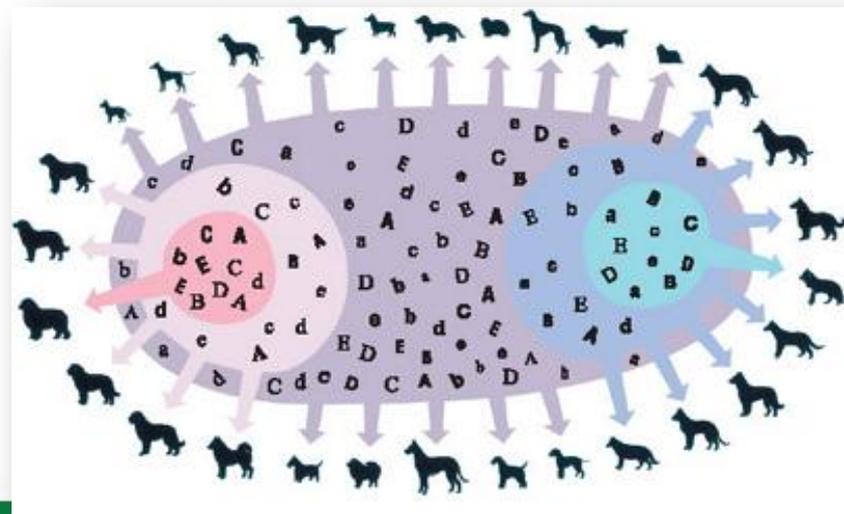
Совокупность генов в популяции называется **генофондом**.

Основные количественные показатели, применяемые для анализа структуры популяции – это доли (частоты) отдельных аллелей и генотипов в ней.

Равновесие популяции – неизменность в поколениях частот анализируемых аллелей (равновесие по генетической структуре популяции) или генотипов (равновесие по генотипической структуре).

Различные состояния равновесия и отклонения от них определяются пятью основными факторами:

- способ скрещивания;
- случайные колебания частот генов и генотипов в популяции;
- давление отбора;
- частота мутаций генов;
- степень миграции.



3. Закон Харди-Вайнберга

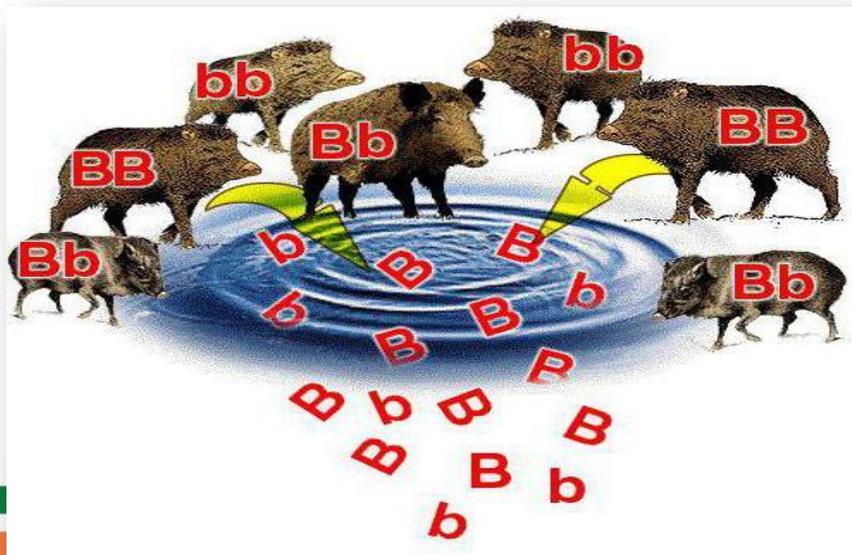


Популяция

Замкнутая – если не существует миграции (переноса пыльцы, семян из популяции в популяцию растений, для животных перемещение особей в соседнюю популяцию).

Панмиктическая популяция – это сообщество свободно, совершенно случайно скрещивающихся организмов одного вида.

Идеальная популяция – бесконечно большая по численности особей популяция, характеризующаяся полной панмиксией, отсутствием мутаций и естественного отбора. В природе идеальные популяции не существуют, хотя большие по численности популяции по своим характеристикам приближаются к идеальной.



3. Закон Харди-Вайнберга



В 1908 г. английский математик Г. Харди и немецкий врач Н. Вайнберг установили закон, которому подчиняется частота распределения гетерозигот и гомозигот в идеальной (большой) популяции.

Закон Харди-Вайнберга: «В идеальной популяции частоты генов и генотипов находятся в равновесии и не изменяются в ряду поколений»

Равновесие генных частот

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1,$$

где p^2 - частота доминантных гомозигот (AA);

$2pq$ - частота гетерозигот (Aa);

q^2 - частота рецессивных гомозигот (aa).



Дж. Харди



В. Вайнберг



Решение задач на закон Харди-Вайнберга

2. На одном из островов было отстреляно 10000 лисиц. Из них оказалось 9991 рыжих и 9 белых. Рыжий цвет доминирует над белым. Определите процентное содержание рыжих гомозиготных, рыжих гетерозиготных лисиц и белых лисиц.

Дано:

A – рыжие

a – белые

q^2 , $2pq$, p^2 - ?

$$(p+q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$$q^2 = \frac{9}{10000} = 0,0009 = 0,09\%$$

$$q = \sqrt{\frac{9}{10000}} = \sqrt{0,0009} = 0,03$$

$$p = 1 - 0,03 = 0,97$$

$$p^2 = 0,97^2 = 0,9409 = 94\%$$

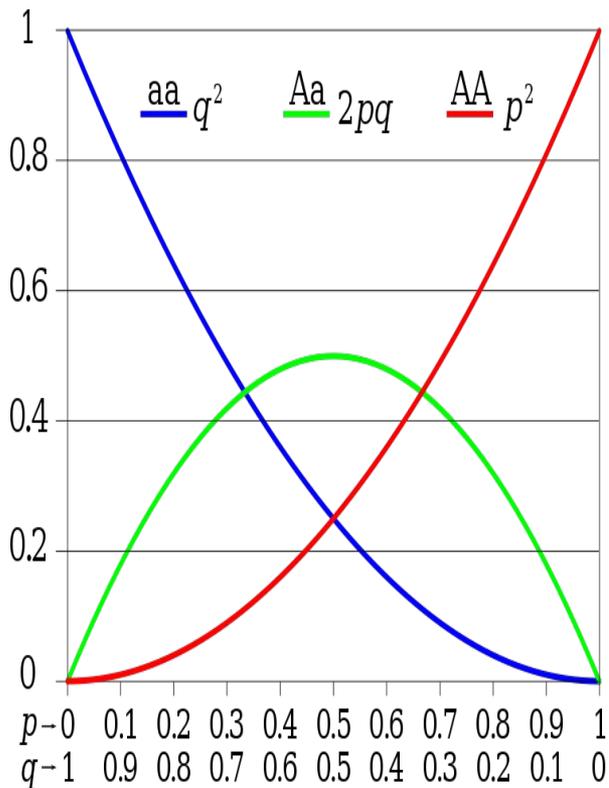
$$2pq = 2 \times 0,97 \times 0,03 = 0,0582 = 5,8\%$$

Ответ: aa – 0,03%; Aa – 5,8%; AA – 94%

3. Закон Харди-Вайнберга



Условия выполнения закона Харди-Вайнберга



Размеры популяций велики

Спаривание происходит случайно

Все генотипы одинаково плодовиты, т.е. отбора не происходит

Новых мутаций не происходит

Поколения не перекрываются

Отсутствует обмен генами с другими популяциями

3. Закон Харди-Вайнберга



Условия выполнения закона Харди-Вайнберга

Закон Харди-Вайнберга – закон равновесия генных концентраций в свободно скрещивающихся популяциях. При отсутствии факторов, изменяющих концентрацию генов, популяция может иметь любые соотношения аллелей, и при этом относительные частоты каждого из них постоянны в поколениях.

Если популяция выводится из состояния равновесия (изменяется относительная концентрация аллелей), то в следующем поколении в ней вновь на основе свободного скрещивания устанавливается равновесное распределение генотипов.

Скрещивание, в результате которого старое равновесное распределение генотипов преобразуется в новое на основе изменившейся концентрации аллелей, называется стабилизирующим.



Генетическая структура популяций претерпевает непрерывные изменения, одни генотипы заменяются другими, в результате чего в процессе эволюции и селекции преобразуется наследственность видов, пород животных и сортов растений.

Факторы, влияющие на генетическую структуру популяций

Мутации

Миграции

Изоляция

Генетико-автоматические
процессы

Естественный и
искусственный отбор



Мутации

Мутации изменяют частоту генов в популяции, так как в результате мутаций в генофонд популяции вносятся новые изменения. Несмотря на то, что частота спонтанного мутирования одного отдельного гена очень мала, общее количество различных мутаций в связи с огромным числом генов в организме достаточно велико.

По любой паре аллелей, например A или a , мутации могут происходить в двух направлениях – прямом и обратном: $A \rightarrow a$ и $a \rightarrow A$. Если частота прямого мутирования равна частоте обратного, то эффективного изменения концентраций генов не происходит ($pA = qa$). Если же pA больше qa или наоборот, то возникает мутационное давление.

Направление мутационного давления зависит от количественного соотношения прямых и обратных мутаций.

4. Генетические процессы в популяциях



Мутации изменяют частоту генов в популяции, так как в результате мутаций в генофонд популяции вносятся новые изменения. Несмотря на то, что частота спонтанного мутирования одного отдельного гена очень мала, общее количество различных мутаций в связи с огромным числом генов в организме достаточно велико. Мутационный процесс обеспечивает разнообразие эволюционного материала.

Мутации

Доминантные

Проявляются уже в первом поколении и сразу же подвергаются действию естественного отбора

Рецессивные

Рецессивные мутации сначала накапливаются в популяции и только с появлением рецессивных гомозигот начинают проявляться фенотипически и подвергаться действию естественного отбора.

4. Генетические процессы в популяциях



Насыщенность природных популяций рецессивными мутациями называется **генетическим грузом** и имеет большое значение для выживания вида.

Генетическим грузом в популяциях объясняется появление до 5 % потомков с генетическими дефектами. Накопление мутантных аллелей способствует комбинативной изменчивости, приводящей к генетической гетерогенности (генетическому полиморфизму) природных популяций.

Средняя степень гетерогенности в популяциях растений составляет 17 %, у беспозвоночных – 13,4 %, у позвоночных – 6,6 %, у человека – около 6,7 %.



Влияние отбора на структуру популяции

Организмы, более приспособленные к условиям среды, дают более многочисленное потомство.

При естественном отборе структуры популяций перестраиваются под влиянием изменений среды обитания данных видов. Естественный отбор использует спонтанные мутации.

При искусственном отборе структуры популяций изменяются под направляющим воздействием человека. Человек может интенсифицировать селекционный процесс путем искусственного мутагенеза.

Важнейшей особенностью естественного и искусственного отбора является его направленность. Направление действия отбора определяется условиями внешней среды, в которой протекает онтогенез. Для действия отбора необходима гетерозиготность. Пока сохраняется гетерозиготность по какому-либо признаку, действие отбора продолжается.

4. Генетические процессы в популяциях



Скорость отбора количественно характеризуется **коэффициентом отбора S** . Эта величина показывает, какая часть особей определенного генотипа погибает, не оставив потомства.

Коэффициент отбора характеризует степень преимущественного воспроизведения того или иного наследственного отклонения в следующем поколении. Если в популяции ген a из 1000 исходных особей передается 999 потомкам, а его доминантный аллель A полностью сохраняется у всех 1000 потомков, то коэффициент отбора будет равен 0,001 ($S = 1,000 - 0,999 = 0,001$).

Коэффициент отбора изменяется в пределах от + 1 до – 1.

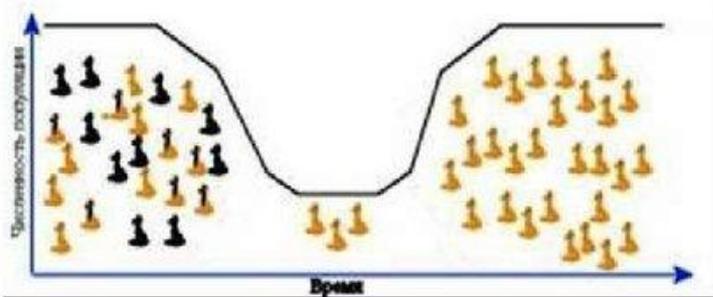
- при $S = + 1$ характеризует полный положительный отбор;
- при $S = 0$ отбор отсутствует;
- при $S = - 1$ отбор идет в противоположном данному аллелю направлении.



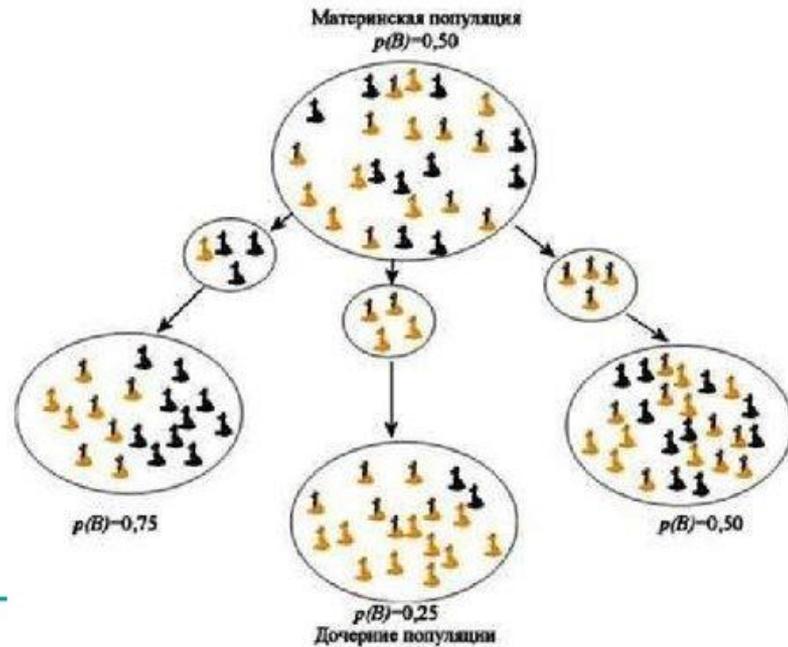
Генетико-автоматические процессы

Дрейф генов – это случайные колебания частот генов в малых популяциях

Эффект бутылочного горлышка



Эффект основателя



4. Генетические процессы в популяциях



Влияние изоляции на структуру популяции

Изоляция – это любое нарушение случайного скрещивания (панмиксии). Она способствует дивергенции – разделению популяций на отдельные группы и изменению частот генотипов.

Изоляция

Биологическая

Географическая

– это результат разделения группы родственных организмов какой-либо физической преградой (горные хребты, реки, проливы и т.п.).

Генетическая

ограничивается или полностью исключается свободное комбинирование генов в результате полиплоидии, хромосомных перестроек, нарушения мейоза, мутаций и т.д.

Физиологическая

проявляется в избирательности спаривания или опыления, в различиях строения половых органов, отсутствии полового влечения между самками и самцами разных популяций и т.д.

Экологическая

возникает в результате того, что разные группы организмов, обитающие в одной географической области, занимают различные места обитания.

4. Генетические процессы в популяциях

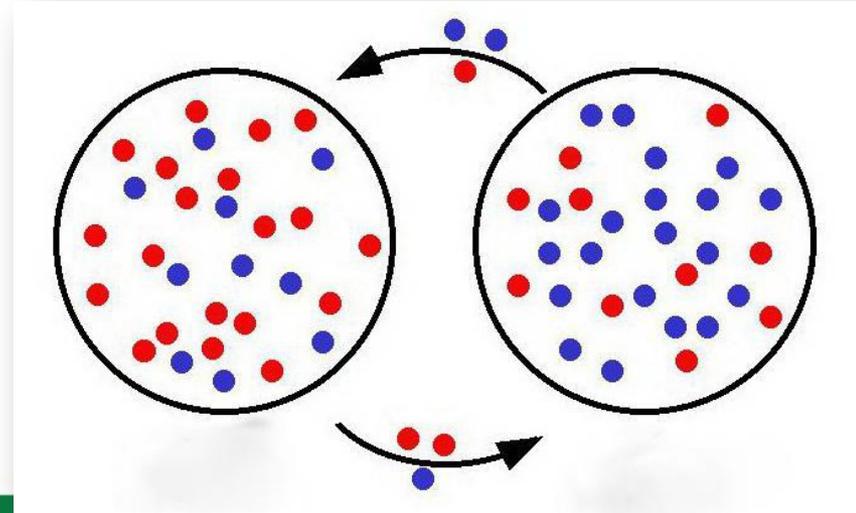


Миграции и их влияние на структуру популяции

В любую популяцию путем скрещивания могут включиться, мигрировать генотипы из другой популяции. При этом быстро изменяется частота имеющихся в популяции аллелей или появляются новые гены, ранее в ней отсутствовавшие.

Популяция может подвергаться давлению миграции, в результате которого границы между популяциями сглаживаются, а генетическое разнообразие возрастает.

При однократной миграции в результате стабилизирующего скрещивания в исходной популяции установится генетическое равновесие. Если же миграция происходит систематически, то концентрация генов будет меняться с каждым новым стабилизирующим скрещиванием.

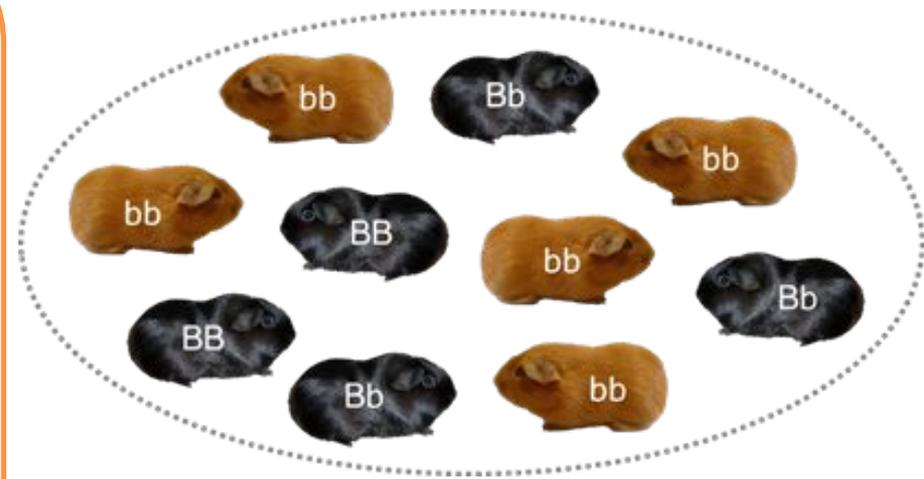




5. • Генетический гомеостаз и полиморфизм популяции

Способность популяции восстанавливать в результате саморегуляции определенную частоту генов, временно нарушенную под влиянием эволюционных факторов, называется **генетическим**, или **популяционным гомеостазом**.

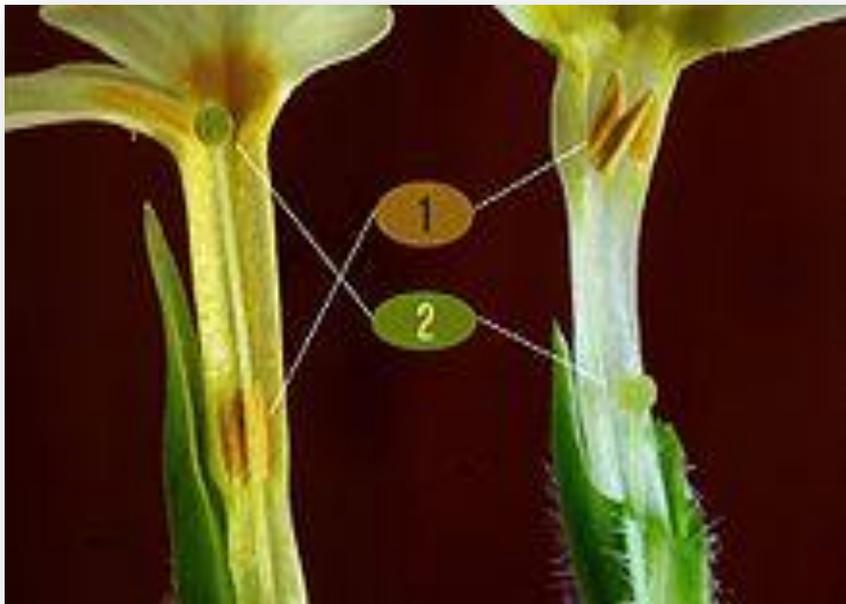
Благодаря гомеостазу популяция поддерживает свой генетический состав. Это достигается посредством сохранения генетического равновесия частоты аллелей при свободном скрещивании, а также благодаря гетерозиготности, полиморфизму, определенной величине мутационного давления.



5. Генетический гомеостаз и полиморфизм популяции



Полиморфизм популяции заключается в одновременном присутствии в ареале одной популяции двух или нескольких генетически и фенотипически различающихся форм.



Гетеростилия у первоцвета обыкновенного (*Primula vulgaris*).
1 – тычинки, 2 – столбики с рыльцами на конце, слева – длинностолбчатый цветок, справа – короткостолбчатый.

Примером полиморфизма является гетеростилия (разностолбчатость, неодинаковая длина столбиков у пестиков цветков на разных растениях одного и того же вида). Наличие в популяции гетеростильных растений обеспечивает перекрестное оплодотворение и, следовательно, повышает жизнестойкость популяции.

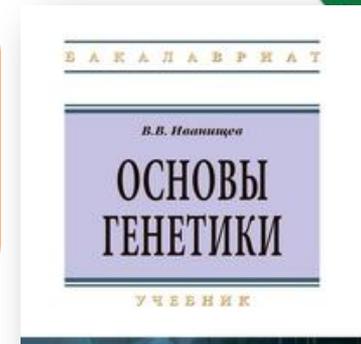
Контрольные вопросы



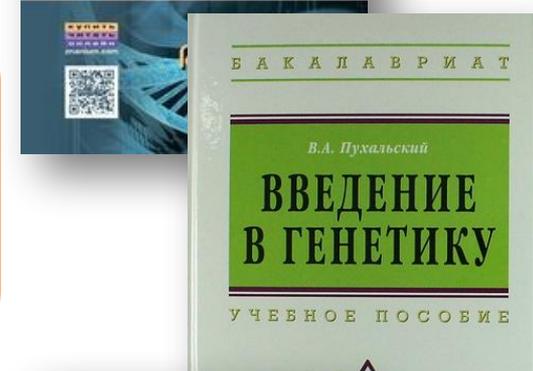
1. Что такое онтогенез? Каковы этапы онтогенеза?
2. Что понимают под генетической программой индивидуального развития?
3. Дайте определение понятию дифференциации. Что лежит в основе дифференциации тканей?
4. Что изучает популяционная генетика?
5. В чем состоит суть закона Харди-Вайнберга?
6. Какое влияние оказывают мутации на структуру популяции? Что называют генетическим грузом?
7. Как влияет отбор на структуру популяции? Что характеризует коэффициент отбора?
8. Что такое дрейф генов?
9. Что такое полиморфизм популяции?



Иванищев В.В. Основы генетики: учебник / В.В. Иванищев. – М. : РИОР : ИНФРА-М, 2017 – 207 с.



Пухальский В. А. Введение в генетику (краткий конспект лекций): учеб. пособие для студ. вузов агр. спец./ В. А. Пухальский. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 224 с.



Петухов В. Л. Генетика : учебник / В.Л. Петухов, О. С. Короткевич, С.Ж. Стамбеков. – Новосибирск: СемГПИ, 2007. – 241 с.

