

# **Генетические основы эволюции**

Лекция №6

# Изменчивость

ОСНОВНОЕ СВОЙСТВО ЖИВОГО

В ОСНОВЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ - КОНВАРИАНТНАЯ  
редупликация

# ДНК – основа изменчивости

- в процессе матричного копирования ДНК и РНК - ошибки последовательности расположения нуклеотидов
- замена нуклеотида
- сдвиг рамок считывания

# Ч. Дарвин

## ВСЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

- наследственная
- ненаследственную

*ненаследственных признаков нет*

все признаки и свойства организма  
наследственно обусловлены

# Норма реакции

- В процессе размножения передаются не признаки, а гены
- гены определяют возможность развития будущих признаков в опр. Диапазоне
- **Наследуется не признак, а норма реакции особи на действие среды.**

# Норма реакции

- это способность генотипа формировать в онтогенезе разные фенотипы - в зависимости от условий среды
- характеризует **долю** участия среды в реализации признака
- определяет модификационную изменчивость вида
- Чем шире норма реакции - тем больше влияние среды и тем меньше влияние генотипа в онтогенезе.

- Все биологические виды имеют определённую норму реакции генотипа,
- без изменения генотипа амплитуда изменений фенотипа не может выйти за генетически детерминированный предел



- водный лютик (*Ranunculus delphinifolius*) и стрелолист (*Sagittaria sagittifolia*) формируют различные листья под водой и в воздушной среде



# Фенотипическая изменчивость.

- Фенотип это совокупность всех внутренних и внешних признаков особи
- Изменчивость признака в пределах нормы реакции называется фенотипической
- развивается как вариант реализации нормы реакции в определенных условиях.

# В фенотипической изменчивости популяции выделяют

- Генотипическую – наследственную
- Паратипическую - вызванную внешними условиями.

Доля общей изменчивости, которая определяется генотипическими различиями по данному признаку, характеризует *наследуемость признака*.

# Пример

- *Жирность молока, содержание белка в молоке - величина наследуемости высока и колеблется от 60 до 70%.*
- *Наследуемость общей молочная продуктивности (величина удоя) не превышает 33%.*

# Пример

- *У большинства пород (популяции) кур наследуемость яйценоскости невелика (12—30%)*
- *наследуемость массы яйца значительна (60— 74%).*
- *отбор в направлении увеличения яйценоскости обычно неэффективен*
- *отбор на повышенную массу яйца дает положительные результаты.*

# Внутрипопуляционная изменчивость

- состоит из разнообразных выражений нормы реакции по любому признаку или свойству.
- Изменения наследственного материала — *мутации* — представляют собой элементарный эволюционный материал.

# Мутации — элементарный эволюционный материал

мутации — дискретные изменения наследственной информации особи

- генные
- хромосомные
- геномные
- внеядерные обуславливается мутации ДНК в органеллах (пластидах и митохондриях) или в цитоплазме клеток (плазмиды, вирусы и др.) - материнская наследственность

# Мутации

- спонтанные
- индуцированные внешними агентами

# Генные мутации

- изменения молекулярной структуры генов
- возникают в результате замен, вставок или выпадения нуклеотидов
- могут затрагивать любые признаки



# Хромосомные мутации

структурные изменения хромосом  
возникают при перемещении или  
выпадении частей хромосом.

- инверсии
- транслокации
- нехватки
- дупликации.

# Геномные мутации

представляют изменение числа хромосом.

- изменение числа наборов хромосом, - полиплоидия или гаплоидия
- уменьшение или увеличение числа отдельных хромосом в геноме (гетероплоидия).

# Частота возникновения мутаций

- Частота возникновения отдельных спонтанных мутаций выражается числом гамет одного поколения, несущих определенную мутацию по отношению к общему числу гамет
- Частоты близки для большинства организмов - от 1 из 100 000 до 1 из 10 000 000 000
- Такое кол-во гамет несет вновь возникшую мутацию в определенном локусе.
- Частота мутаций неодинакова для разных генов (*у отдельных лабильных генов растений она достигает  $10^{-2}$* )

# Общая частота мутаций

- складывается из частот мутаций отдельных генов
- колеблется от нескольких процентов (одноклеточные водоросли, низшие грибы, бактерии) до 25% (дрозофила) всех гамет одного поколения.

# Особенности проявления мутаций.

Проявление мутаций зависит от генетической среды, в которую попадает мутантный аллель

Один и тот же мутантный ген у разных особей может обладать неодинаковым фенотипическим проявлением:

- *экспрессивность* (выраженность степени развития признака) - в зависимости от условий, в которые он попадает
- *пенетрантность* (частота проявления) аллеля, определяемой по проценту особей популяции из числа несущих данный аллель (у которых он проявился с любой экспрессивностью).

# Пример - экспрессивность

- Мутация *bar* («лентовидная») вызывает редукцию передних и задних фасеток глаза у дрозофилы, в результате чего глаз представляет собой вертикальную полосу фасеток.
- Степень проявления зависит от температуры: чем ниже температура, при которой развивались личинки мутантных дрозофил, тем большее число фасеток остается в глазу.
- У наездника *Nabrobracon hebetor* известен ген *Kidney* со 100%-ной пенетрантностью, как леталь при 30 °C, и почти нулевой пенетрантностью при низкой температуре.

- У наездника *Habrobracon hebetor* известен ген *Kidney* со 100%-ной пенетрантностью, как леталь при 30 °C, и почти нулевой пенетрантностью при низкой температуре.

# Спектр мутантных признаков

Нет признаков и свойств, которые не затрагивались бы мутациями.

вариации по средним значениям варьирующих признаков выражаются

- качественно
- количественно.

*Мутации могут происходить и в сторону увеличения, и в сторону уменьшения выраженности определенного признака или свойства. Они могут быть выражены резко (вплоть до летальности) или представлены незначительными отклонениями от исходной формы («малые» мутации).*

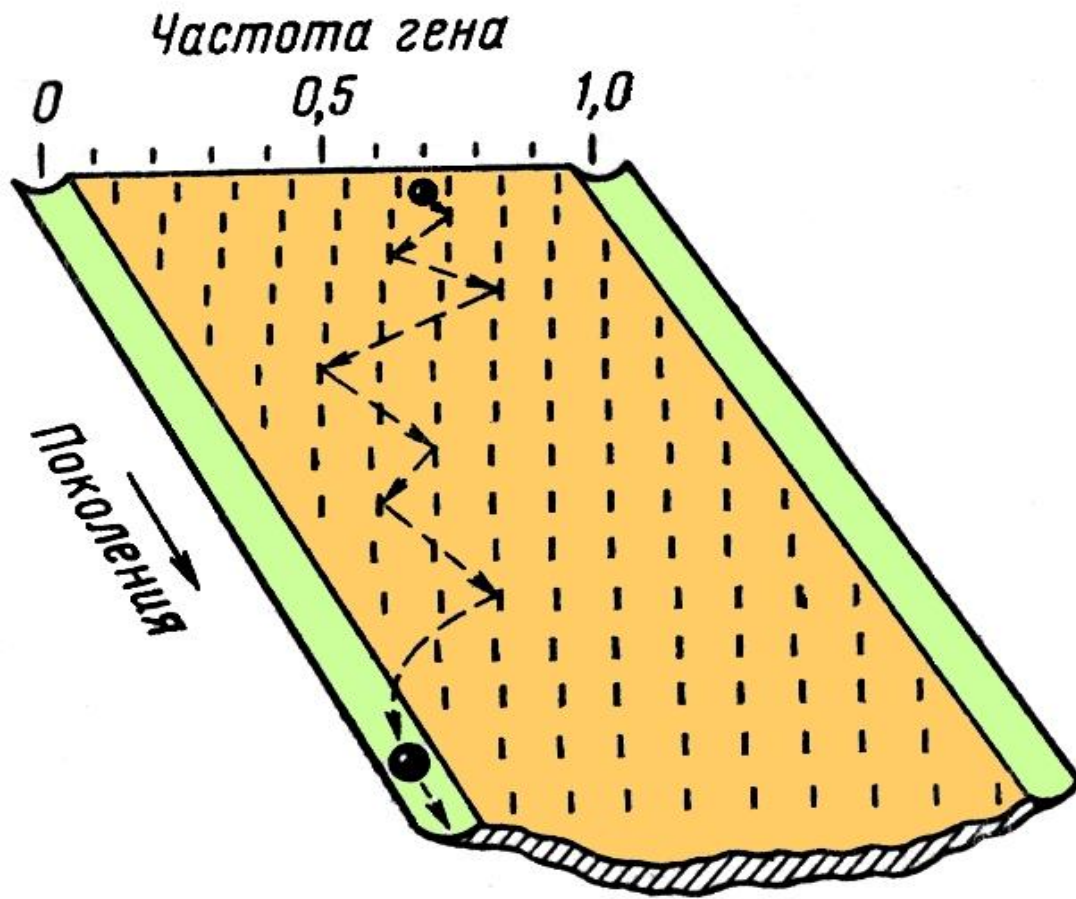


# Встречаемость мутаций в природных популяциях

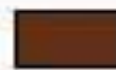
- все популяции насыщены мутациями.
- нет двух популяций, имеющих одинаковые частоты встречаемости и спектры мутантных признаков
- близко расположенные, соседние популяции могут сильно генетически отличаться друг от друга, как и далеко расположенные
- мутации и их комбинации первично определяют изменение генотипического состава популяции - возникновение элементарного эволюционного явления

# Генетические процессы в популяциях


- Сейчас известно, что все природные популяции гетерогенны - насыщены мутациями.
- Генетическая гетерогенность любой популяции при отсутствии давления внешних факторов - равновесие.

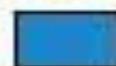




 -распространение малярии

Частота гена серповидно-клеточной анемии  
в популяции человека:

 1-10%

 11-20%

# формула Харди — Вайнберга

- Если частота встречаемости одного аллеля -  $q$ ,
- частота альтернативного аллеля того же гена может быть определена как  $1 - q$ .
- В потомстве свободно скрещивающихся особей должны быть следующие отношения таких аллелей: что при суммировании дает  $q^2 + 2q \times (1-q) + (1-q)^2$ , или  $[q + (1-q)]^2$

# Внутрипопуляционный полиморфизм

- Полиморфизм – наличие двух или более генетически различных форм в популяции
- Эти формы находятся в состоянии длительного равновесия
- Соотношения их таковы, что частоту редкой формы нельзя объяснить повторными мутациями.
- Пример:
- *существование в популяции хомяков (*Cricetus cricetus*) Украины обычных и меланистических (черных) форм;*
- *черной и красной форм у двуточечной божьей коровки;*
- *трех форм цветков у примулы*

Выделяют:

- гетерозиготный полиморфизм
- адаптационный полиморфизм.

# Гетерозиготный полиморфизм

- устанавливается в результате давления на популяцию положительного отбора гетерозигот
- *Пример: численно равновесная экспериментальная популяция Drosophila melanogaster из мух - мутация ebony (потемнение тела).*
- *Через несколько поколений процент мух с мутацией ebony начал сокращаться и к 10-му поколению - на уровне около 10% — наступило состояние устойчивого полиморфизма.*
- *Снижение числа мух с мутацией - выживали преимущественно гетерозиготы.*
- *Гомозиготы в условиях разведения - менее жизнеспособны.*
- *При расщеплении гетерозигот в потомстве - гомозиготные мутантные особи, гомозиготные, не несущие мутацию, и, наконец, гетерозиготные,*
- *выживали по преимуществу гетерозиготы, и цикл повторялся снова.*
- Гетерозиготный полиморфизм - следствие менделевского расщепления



# Адаптационный полиморфизм

- В этом случае две или несколько генетически различных форм внутри популяции подвергаются отбору в разных экологических условиях.
- *красные и черные формы двухточечных божьих коровок. В изученной популяции осенью на протяжении 10 лет черных форм было более 50% (от 50 до 70%), а весной — при выходе из зимовки (этот вид зимует большими скоплениями в глубоких щелях между камнями) — от 30 до 45%. Красных форм осенью было меньше 50%, а весной — всегда больше. Красные лучше переносят зимой холод, а черные — интенсивнее размножаются летом.*

# Гомологическая изменчивость

- *Дарвин неоднократно упоминает о такой изменчивости, когда оди наковые признаки время от времени проявляются у разных разновидностей, или видов.*
- Н. И. Вавилов сформулировал правило гомологических рядов в наследственной изменчивости.
- *И у мягкой, и у твердой пшеницы, и у ячменя существуют остистые, короткоостые, инфлянтные (вздутые) и безостые колосья*
- Если в генотипе одного из членов близких видов закодирована возможность образования признака, с высокой степенью вероятности можно предполагать нахождение подобного признака и у других видов данной группы.
- Чем ближе между собой виды и роды, тем больше сходство в изменчивости их признаков.

# Гомологическая изменчивость

- Сегодня можно разделить все случаи гомологической изменчивости на три категории: *полной, неполной и ложной гомологии* (Б. М. Медников). При полной гомологии сходные признаки у близких видов возникают в результате действия одинаково измененного гена. Независимое возникновение одной и той же мутации происходит относительно редко, поэтому полностью гомологичные гены обычно унаследованы от вида-родоначальника (например, группы крови одинаковы у человека и человекообразных обезьян). При неполной гомологии один и тот же признак возникает в результате разных мутаций одного и того же гена (например, широко распространенные в тропиках аномальные гемоглобины у человека, обеспечивающие носителям этих мутаций иммунитет к малярии). Ложная гомология определяется разными генами с одинаковым фенотипическим эффектом. Так как каждый признак организма обуславливается действием целого ряда последовательно включающихся» генов, мутация в каждом из них может привести к обрыву этой цепи и изменению признака. Например, широкое распространение такого признака, как альбинизм (отсутствие пигмента в покровах), — следствие многостадийности синтеза меланинов и транспорта их в соответствующие ткани. Ложная гомология переходит в область таких явлений, как аналогия и конвергенция, обуславливаемых разными генетическими системами. Так, наукой XX в. были объяснены долгое время непонятные явления гомологической изменчивости, к которым привлек внимание Ч. Дарвин.

- История колебаний численности вымершего в последние годы китайского речного дельфина позволяет возложить вину за его исчезновение на человека, говорится в статье, опубликованной в журнале [Nature Communications](#).
- Китайский речной дельфин, обитавший в бассейне реки Янцзы, — один из четырех известных пресноводных дельфинов. В последние десятилетия популяция этих животных стремительно сокращалась, и предпринятая в 2006 году научная экспедиция уже не нашла живых представителей этого вида. Китайский речной дельфин считается первым китообразным, вымершим в результате человеческой деятельности.
- Гуан Ян (Guang Yang) из Педагогического университета Нанкина (Китай) и его коллеги расшифровали геном самца дельфина, тушка которого хранится замороженной в музее университета, и заново провели расшифровку еще трех дельфиньих геномов, чтобы выяснить, что привело к вымиранию этого вида.
- Сравнив геномы дельфинов, ученые обнаружили, что скорость мутаций у них была замедленной, а количество изменений в геноме меньше, чем у любых других млекопитающих. Это указывает на то, что когда-то популяция прошла период сильного сокращения своей численности — так называемое "бутылочное горлышко".
- Анализируя геномы дельфинов, ученые выяснили, что их популяция неуклонно сокращалась со 100 тысяч до 10 тысяч лет назад, во время последнего ледникового периода. Когда после этого началось потепление и уровень моря сильно поднялся, затопив долину реки Янцзы, численность дельфинов прошла свой минимум, а когда уровень моря опустился до современного и стабилизировался, начался быстрый рост популяции, достигшей своего максимума около тысячи лет назад.
- Это говорит о том, что нынешнее резкое вымирание китайских речных дельфинов связано с влиянием человека на экологическую обстановку в реке Янцзы, а не с природными факторами, считают ученые.
- 

РИА Новости [http://ria.ru/warming\\_symptom/20131029/973500309.html#ixzz2rNn70GPL](http://ria.ru/warming_symptom/20131029/973500309.html#ixzz2rNn70GPL)