

Тема лекции:

□ **Наследственность и изменчивость**

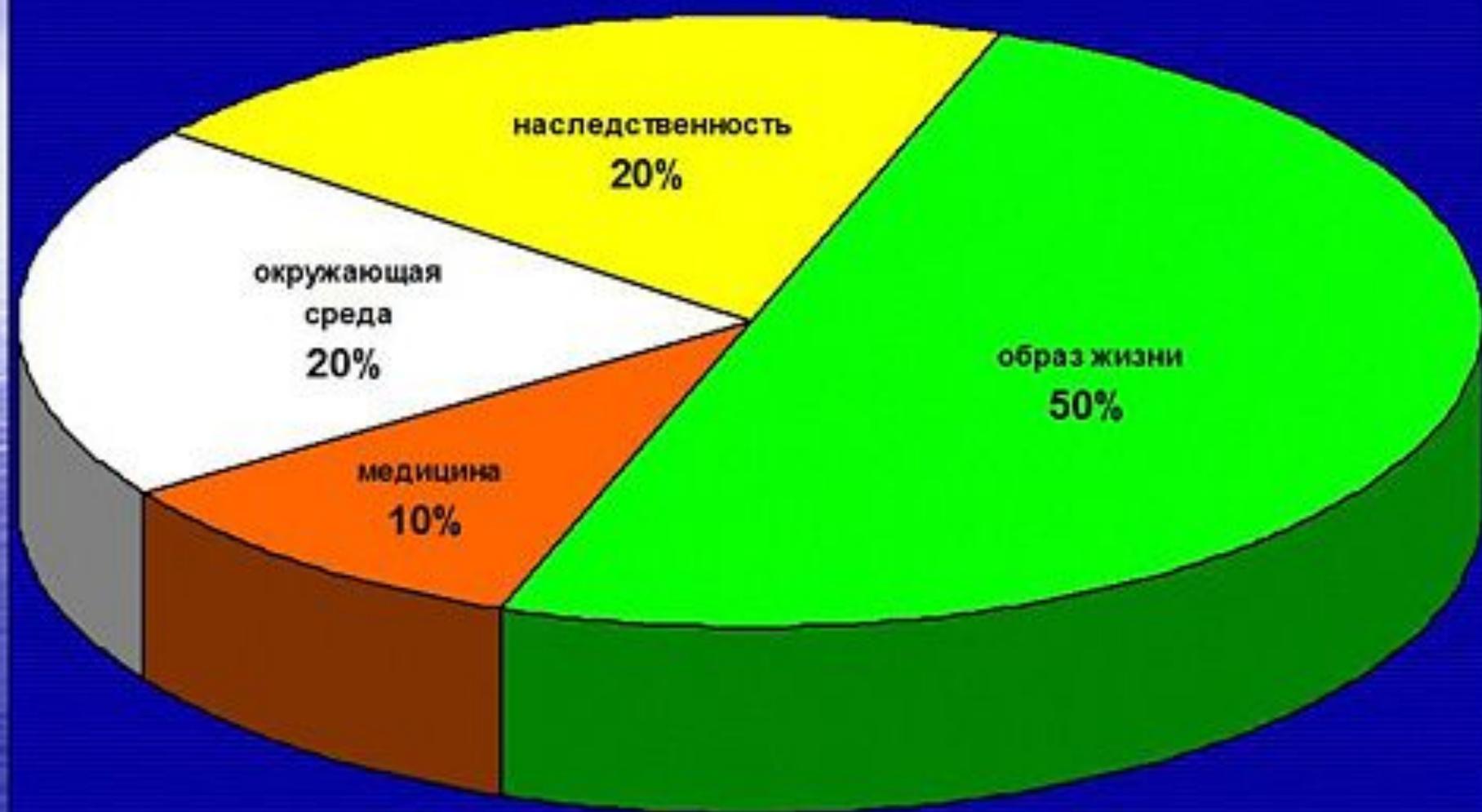
План лекции:

1. Понятие о среде и наследственности.
2. Понятие о норме реакции.
3. Полигенное наследование.
4. Формы изменчивости.
5. Модификационная изменчивость.
6. Наследственная изменчивость.
7. Мутации.

- **Наследственность** - это свойство живых систем сохранять из поколения в поколение сходные признаки и обеспечивать специфический характер индивидуального развития в определенных условиях среды.
- **Изменчивость** - это способность организмов приобретать новые свойства в ходе онтогенеза.
- **Наследование** - это процесс передачи генетической информации через гаметы при половом размножении или через соматические клетки - при бесполом. Степень соотношения наследственности и изменчивости или мера сходства родителей и детей определяет понятие наследуемости. Чем больше доля наследственности, тем меньше проявление изменчивости и наоборот.



Факторы, влияющие на состояние здоровья человека:

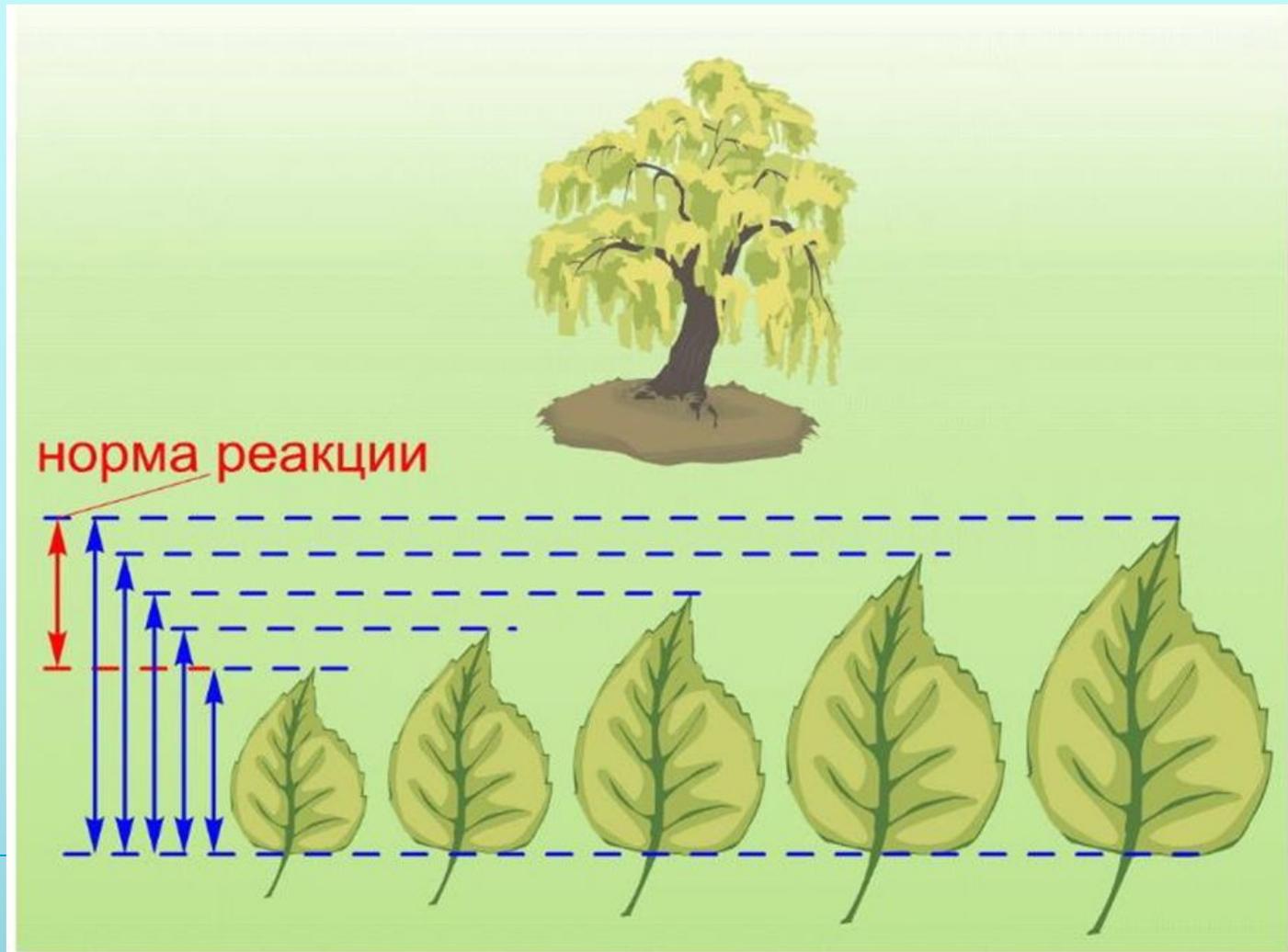


- **Генотип** — совокупность генов определенного организма.
- **Фенотип** — совокупность внешних и внутренних признаков организма, приобретённых в результате онтогенеза (индивидуального развития).
- Фенотип формируется на основе генотипа, опосредованного рядом факторов.

ГЕНОТИП + ВНЕШНЯЯ СРЕДА + СЛУЧАЙНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ → ФЕНОТИП

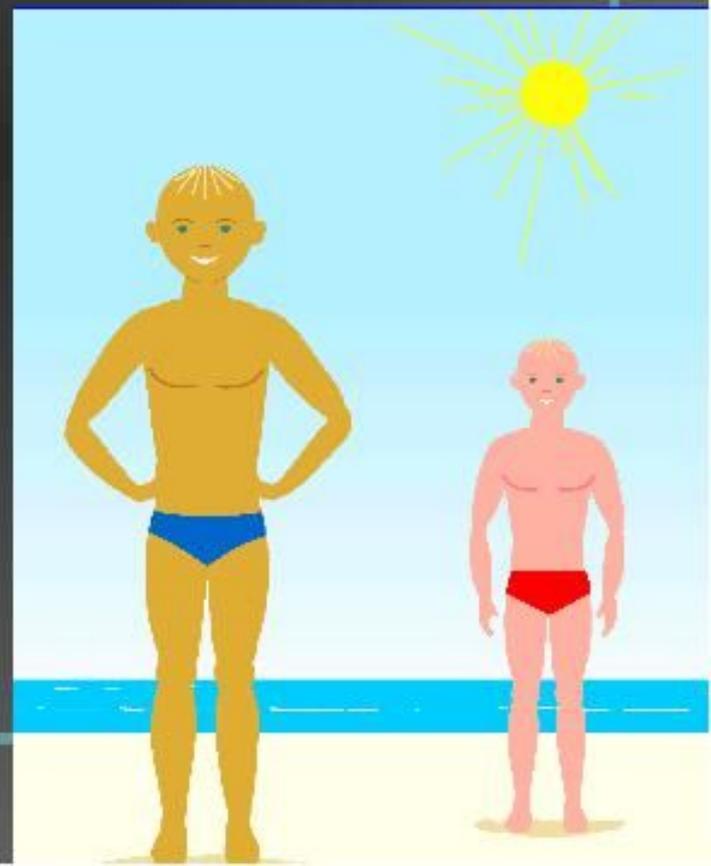
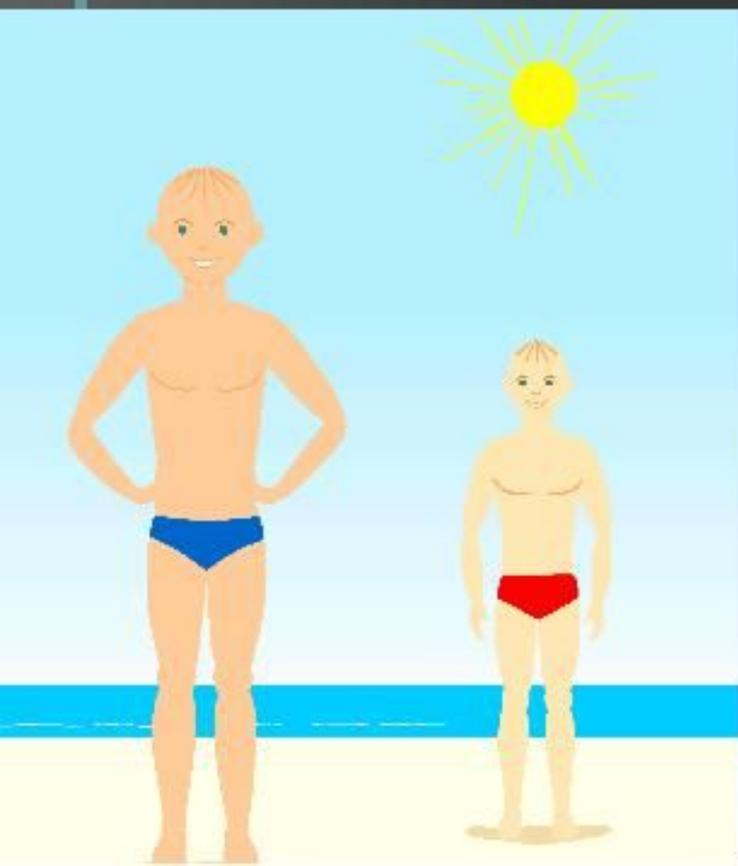


- **Норма реакции** - способность генотипа формировать в онтогенезе, в зависимости от условий среды, разные фенотипы.
- Она характеризует долю участия среды в реализации признака.
- Чем шире норма реакции, тем больше влияние среды и тем меньше влияние генотипа в онтогенезе.



Норма реакции

пределы, в которых может изменяться значение признака у особи с данным генотипом



□ Норма реакции

```
graph TD; A[□ Норма реакции] --> B[□ узкая]; A --> C[□ широкая];
```

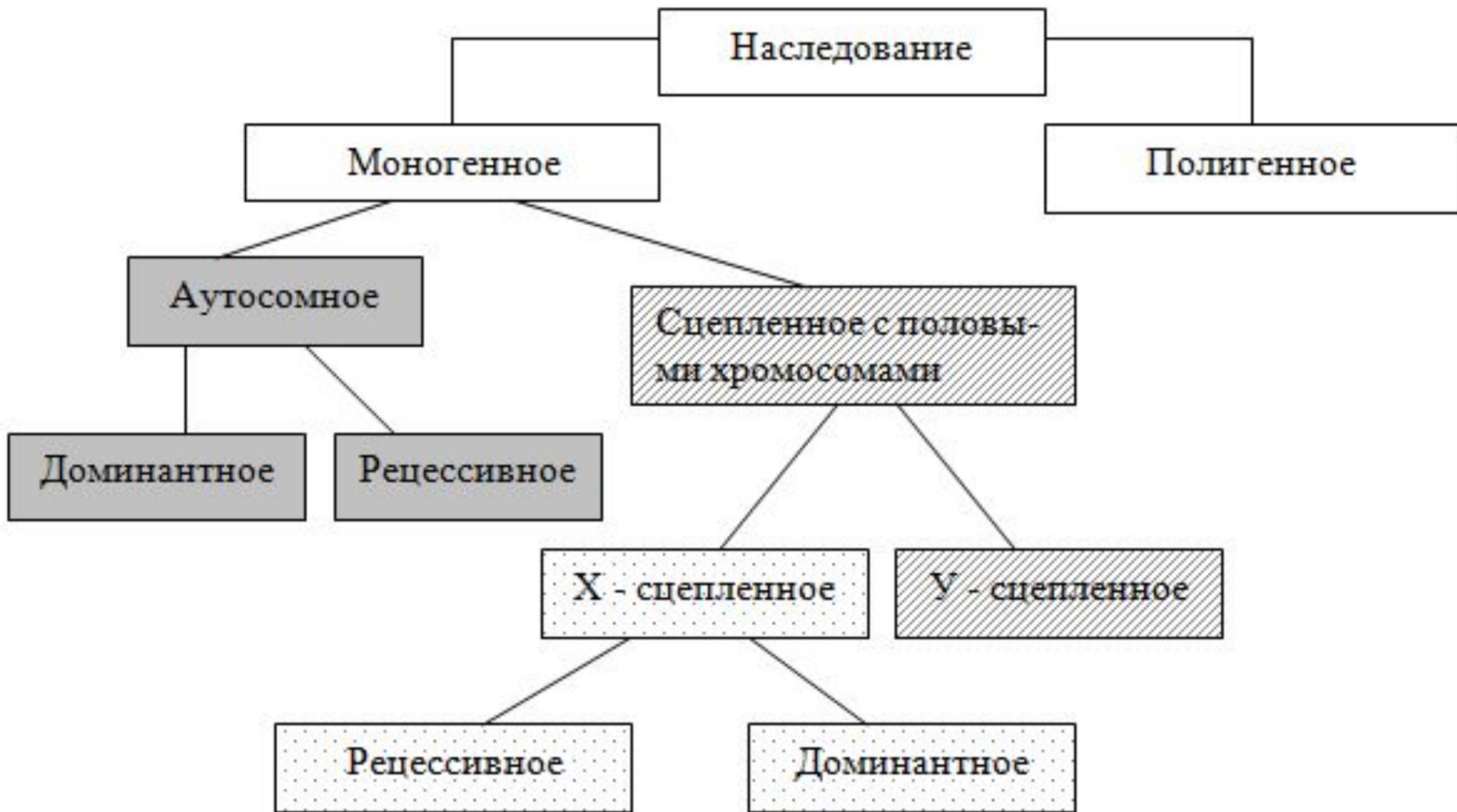
□ узкая

□ группа крови

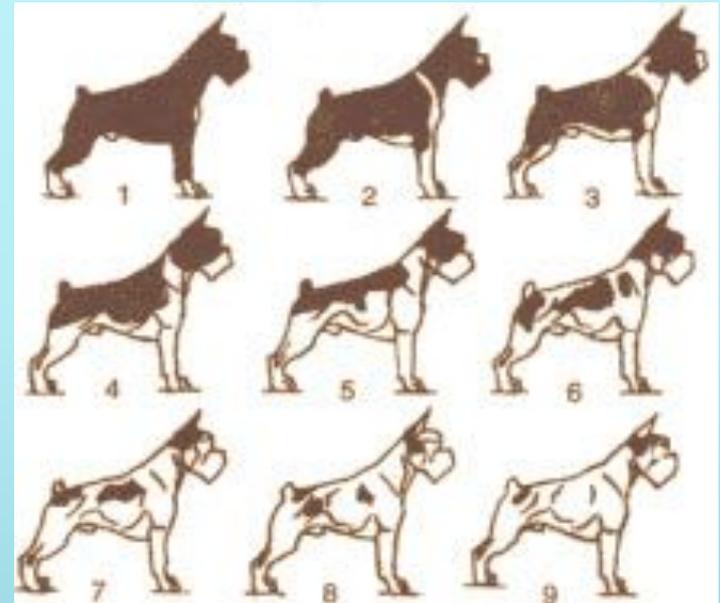
□ широкая

□ психические функции

- **Норма реакции** - это полный спектр различных путей развития, которые могут наблюдаться у носителей данного генотипа в любой среде.
- Норма реакции лежит в основе модификационной изменчивости и способности адаптироваться к той или иной среде.



- ❑ **Полигенное (мультифакториальное) наследование** - тип наследования признаков, обусловленных действием многих генов, каждый из которых оказывает лишь слабое действие.
- ❑ Фенотипически проявление полигенно обусловленного признака зависит от условий внешней среды. У потомков наблюдается непрерывный ряд вариаций количественного проявления подобного признака, а не появление четко различающихся по фенотипу классов. В ряде случаев при блокировании отдельного гена признак не проявляется вообще, несмотря на его полигенную обусловленность. Это свидетельствует о пороговом проявлении признака.



□ Критерии полигенного наследования

- • **Наследуемость** признака или болезни. Чем выше наследуемость признака или заболевания (чем больше унаследовано генов, за него ответственных), тем выше риск его развития у здоровых родственников.
- Наследуемость признака (заболевания) - это степень влияния на формирование данного признака (заболевания) наследственных факторов в сравнении с таковой факторов среды.
- Наследуемость выражается в абсолютных цифрах (от нуля до единицы) или процентах при помощи коэффициента K_n , который рассчитывается по формуле:

$$\square K_n = G/E \times 100\%,$$

- где K_n - коэффициент наследования, G - наследственные факторы, E - факторы окружающей среды.

□ Коэффициенты наследования мультифакториальных признаков и заболеваний

Название патологии	Кн %
Шизофрения:	
злокачественная форма	85
вялотекущая форма	74
Бронхиальная астма	80
Расщелина губы и нёба	76
Сердечно-сосудистые заболевания	65
Артериальная гипертензия	62
Дефекты невральной трубки	60
Изолированный врожденный порок сердца	35

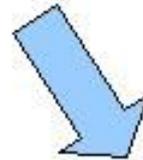
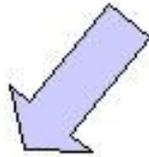
□ Критерии полигенного наследования

- • **Наследуемость признака** или болезни.
- • **Степень выраженности признака** или тяжесть течения болезни у пробанда. Чем сильнее выражен признак или тяжелее протекает заболевание у больного родственника, тем выше риск его развития у здоровых родственников.
- • **Общность генов** у пробанда и его родственников (или близкая степень родства с больным родственником). Чем больше общих генов у больного и его родственников, тем выше риск развития у последних признака или заболевания. Например, популяционная частота псориаза составляет 0,75%. У родственников I степени родства частота его развития - 5,6%, у родственников II степени родства - 3,0-3,5%, у родственников III степени родства - 1,75%, у родственников IV степени родства - 0,75%.
- • **Редко поражаемый пол.** Мультифакториальный признак или заболевание проявляется чаще у лиц редко поражаемого пола (критерий, названный эффектом Картера). Например, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, как правило, проявляющаяся у лиц мужского пола и гораздо реже - у лиц женского пола. Однако ее частота у детей больной женщины выше, чем у детей больного мужчины.
- • **Число больных родственников.** Чем больше в родословной родственников, имеющих мультифакториальный признак или заболевание, тем выше риск его развития у потомков

- **Изменчивость** - это способность организмов приобретать новые свойства в ходе онтогенеза.
- С генетической точки зрения изменчивость представляет собой результат реакции генотипа в процессе индивидуального развития организма на условия внешней среды.



Виды изменчивости



Ненаследственная (модификационная)

Направленная, может проявиться у многих особей вида при данных условиях

Причина: изменения во внешней среде

Повышает пластичность вида

Наследственная

Ненаправленная, неопределённая, случайная

Причина: изменения в генотипе

Поставляет материал для эволюционных процессов

□ **Фенотипическая** (модификационная, непрерывная, онтогенетическая, ненаследственная) - изменчивость, которая возникает у организмов при их росте и развитии в разных условиях среды.

□ **Отличительные особенности:**

□ 1. Затрагивается лишь фенотип — комплекс внешних характеристик и свойств живого организма. Генетический материал при этом не изменяется.

□ 2. Носит групповой характер.

□ 3. Модификационная изменчивость обратима.

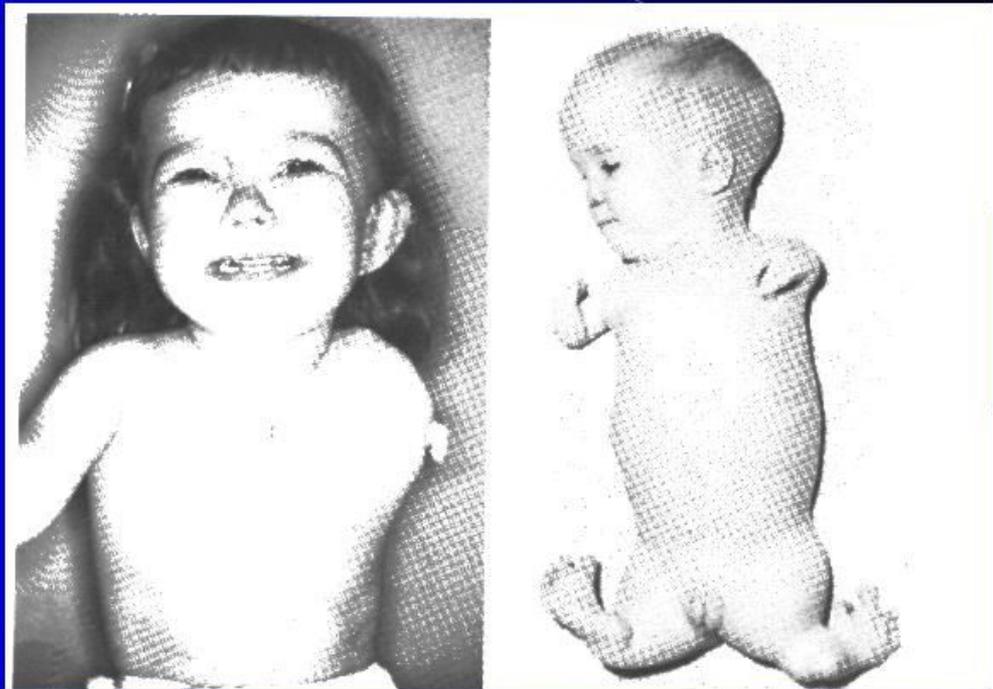
□ 4. Фенотипические изменения не передаются по наследству.

□ *Модификации* — это изменения, которые приносят организму пользу, обеспечивают адаптацию и нормальную жизнедеятельность в условиях окружающей среды.

□ *Морфозы (фенокопии мутаций)* — это те изменения фенотипа, которые происходят под влиянием агрессивных, экстремальных факторов внешней среды, которым особи в нормальных условиях жизни подвергаются редко или вообще не подвергаются: обычно организм к таким воздействиям не адаптируется. Типичные морфозы связаны с воздействием различных химических веществ (хемоморфозы) или радиацией (радиоморфозы). Здесь изменчивость выходит далеко за пределы нормы реакции и может привести даже к гибели организма.

Талидомид — седативное снотворное лекарственное средство, получившее широкую известность из-за своей тератогенности, после того, как было установлено, что в период с 1956 по 1962 годы в ряде стран мира родилось по разным подсчётам от 8000 до 12 000 детей с врождёнными уродствами, обусловленными тем, что матери принимали препараты талидомида во время беременности. Талидомидовая трагедия заставила многие страны пересмотреть существующую практику лицензирования лекарственных средств, ужесточив требования к лицензируемым препаратам.

Дети с амелией и фокомелией в результате приема талидомида



Памятник жертвам талидомида в Лондоне, установленный в 2005 году.

Бронзовая скульптура посвящена детям, появившимся на свет с изуродованными конечностями.

Председатель правления Chemie Grünenthal Харальд Шток впервые за полвека молчания произнёс слова соболезнования и сочувствия покалеченным препаратом детям.



Классификация модификационной изменчивости

□ По изменяемому признаку организма:

1. Морфологические (изменяется внешний вид организма, например, густота и цвет шерсти).
2. Физиологические (наблюдаются изменения в метаболизме и физиологических свойствах организма; например, у человека, поднявшегося в горы, резко увеличивается количество эритроцитов).

□ По длительности :

1. Ненаследуемые — изменения присутствуют лишь у той особи или популяции, которые подверглись непосредственному влиянию внешней среды.
2. Длительные модификации — о них говорят тогда, когда приобретенная адаптация передается потомству и сохраняется еще в течение 1-3 поколений.

Возрастные, или онтогенетические, модификации выражаются в виде постоянной смены признаков в процессе развития особи (онтогенез лягушки).

Сезонные модификации - генетически детерминированная смена признаков в результате сезонных изменений климатических условий (горностаевый кролик).

Экологические модификации - адаптивные изменения фенотипа в ответ на изменение условий внешней среды (загар).

□ Примеры модификационной изменчивости

□ У насекомых и других животных:

- 1) изменение окраски у колорадского жука вследствие длительного влияния на их куколки высоких или низких температур
- 2) смена окраски шерсти у некоторых млекопитающих при изменении погодных условий (например, у зайца)
- 3) различная окраска бабочек-нимфалид (например, *Araschnia levana*), развивавшихся при разной температуре

□ У растений:

- 1) различное строение подводных и надводных листьев у водяного лютика, стрелолиста и др.
- 2) развитие низкорослых форм из семян равнинных растений, выращенных в горах

□ У бактерий:

- 1) работа генов лактозного оперона кишечной палочки (при отсутствии глюкозы и при присутствии лактозы они синтезируют ферменты для переработки этого углевода)



- **Примеры модификационной изменчивости у человека:**

- усиление пигментации кожи (загар) под влиянием ультрафиолетовых лучей



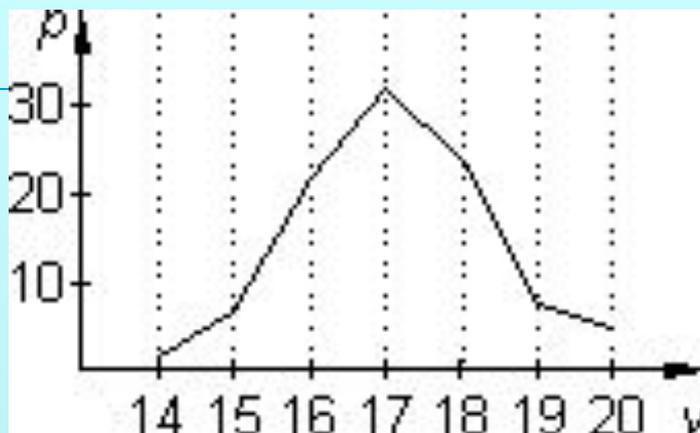
- мощное развитие костно-мышечной системы в результате физических нагрузок



- Модификационная изменчивость многих признаков растений, животных и человека подчиняется общим закономерностям. Эти закономерности выявляются на основании анализа проявления признака у **группы особей (n)**. Степень выраженности изучаемого признака у членов выборочной совокупности различна. Каждое конкретное значение изучаемого признака называют **вариантой** и обозначают буквой **v**. **Частота встречаемости** отдельных вариантов обозначается буквой **p**. При изучении изменчивости признака в выборочной совокупности составляется **вариационный ряд**, в котором особи располагаются по возрастанию показателя изучаемого признака.
- Например, если взять 100 колосьев пшеницы ($n = 100$), подсчитать число колосков в колосе (v) и число колосьев с данным количеством колосков, то вариационный ряд будет выглядеть следующим образом.

□ Варианта (v)		14	15	16	17	18	19	20
□ Частота								
□ встречаемости (p)	2	7	22	32	24	8	5	

- На основании вариационного ряда строится **вариационная кривая** — графическое отображение частоты встречаемости каждой варианты.



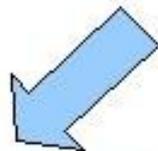
- Среднее значение признака встречается чаще, а вариации, значительно отличающиеся от него, — реже. Это называется «нормальным распределением». Кривая на графике бывает, как правило, симметричной.
- Среднее значение признака подсчитывается по формуле:

$$M = \frac{\sum(v \cdot p)}{n}$$

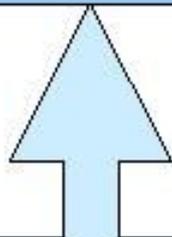
- где M — средняя величина признака;
- $\sum(v \cdot p)$ — сумма произведений вариант на их частоту встречаемости;
- n — количество вариантов.
- В данном примере среднее значение признака (числа колосков в колосе) равно 17,13.



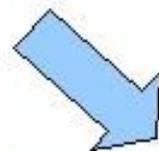
Наследственная изменчивость



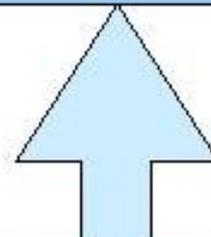
Мутационная



Редкие, случайно возникшие, стойкие изменения генотипа: полезные, вредные, нейтральные



Комбинативная



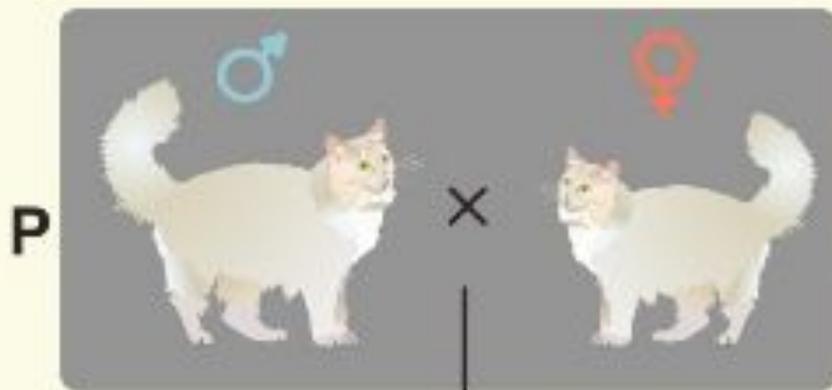
Разнообразие генотипов, вследствие полового размножения: сочетание генов, полученных от родителей

Наследственная (генотипическая) изменчивость

обусловлена изменением генотипа и сохраняется в ряду поколений

Мутационная изменчивость

обусловлена возникновением мутаций



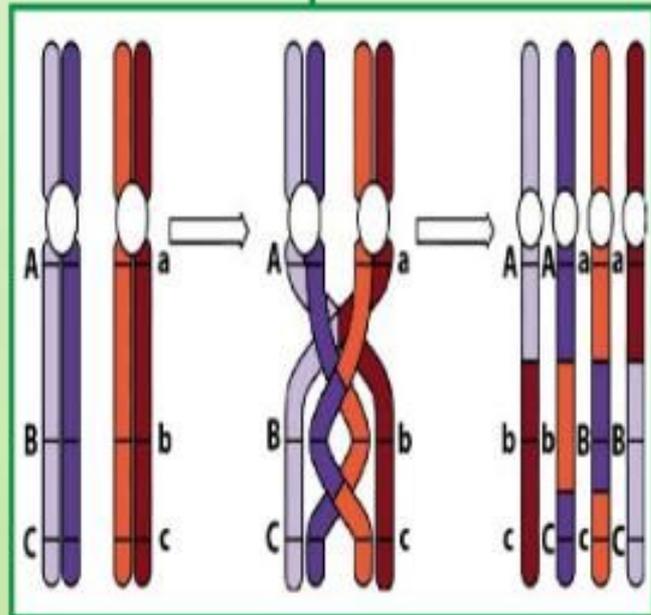
Комбинативная изменчивость

обусловлена рекомбинированием генов в результате скрещивания

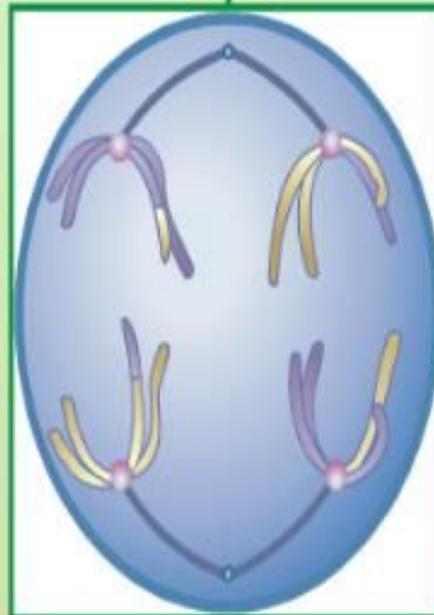


Источники комбинативной изменчивости

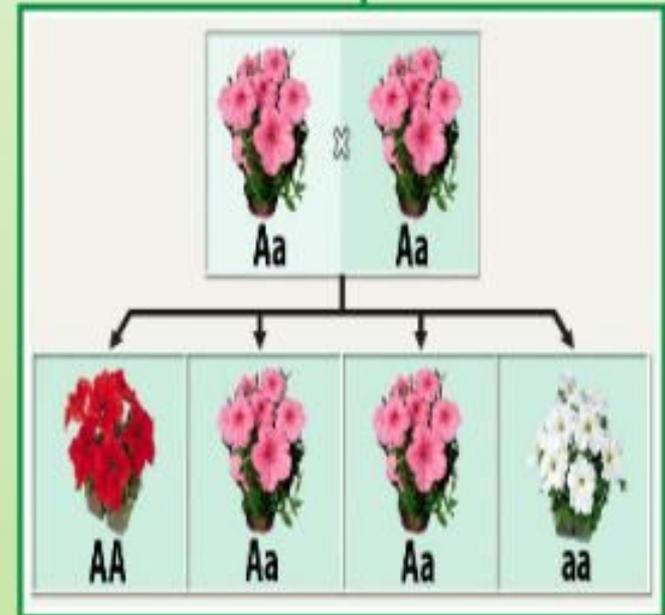
Конъюгация и кроссинговер



Случайное распределение хромосом при мейозе



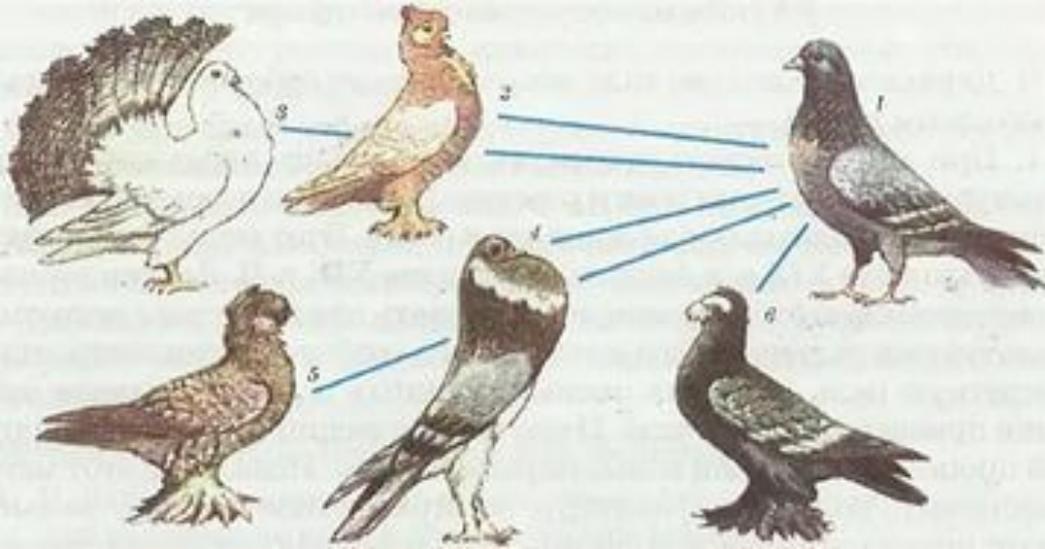
Случайное сочетание гамет при оплодотворении



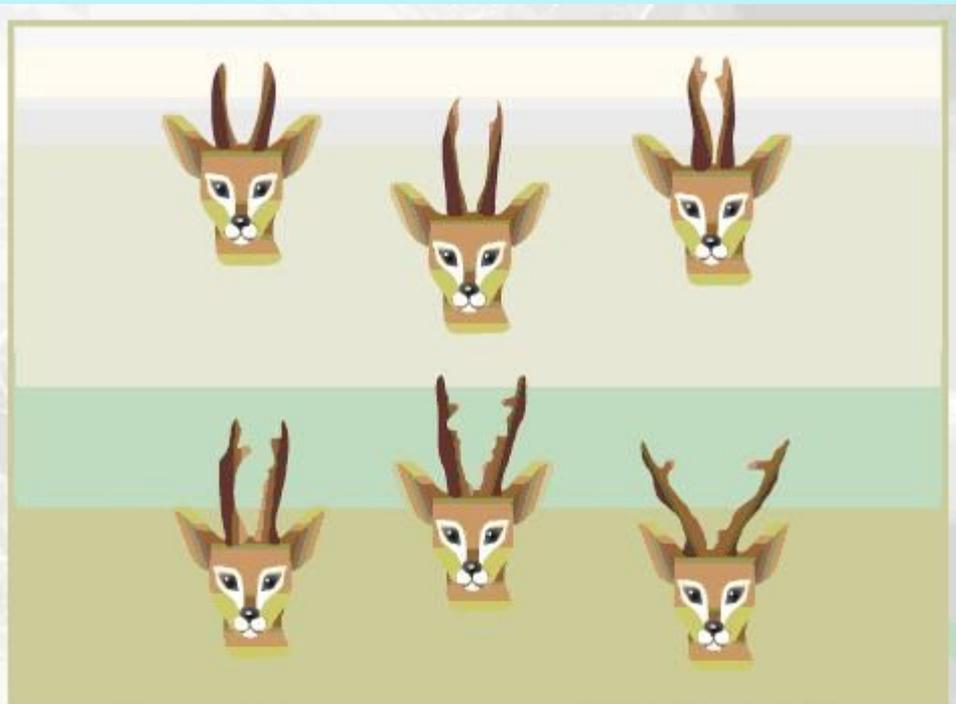


Комбинативная изменчивость определяет разнообразие особей и необходима для приспособления вида к условиям среды. Наличие комбинаций способствует появлению особей со специфическими признаками, которые используются при выведении новых сортов растений и пород животных





biolog.myl.ru



Комбинативная изменчивость рогов у косули. ❏

Мутационная изменчивость - изменчивость, вызванная возникновением мутации.

Мутации — это наследуемые изменения генетического материала, приводящие к изменению тех или иных признаков организма.

Индукцированные

(возникают под действием мутагенов)

Спонтанные

Мутагены - факторы, вызывающие мутации.

физические

- электромагнитные излучения (лучи Рентгена и гамма-лучи);
- корпускулярные излучения (протоны, нейтроны);
- действие низкой температуры;
- действие высокой температуры;
- ультразвук.

химические

- фармакологические (раствор йодистого калия, аммиак);
- промышленные (формальдегид - в производстве искусственных смол, натрий-бисульфит - в пищевой промышленности).

биологические:

- вирусы;
- простейшие (различные паразиты).

Мутационная изменчивость

Основные положения мутационной теории:



1848—1935

голландский ботаник, генетик.

1. Мутации возникают внезапно, без всяких переходов.
2. Мутации стойко передаются из поколения в поколение, наследственны.
3. Мутации не образуют непрерывных рядов, не группируются вокруг среднего типа.
4. Мутации возникают в разных направлениях, они могут быть вредными, полезными и нейтральными.
5. Успех в выявлении мутаций зависит от числа проанализированных особей.
6. Одни и те же мутации могут возникать повторно.

Примеры мутаций

- Слева: нормально развитая плодовая мушка(дрозофила). Справа: плодовая мушка, ножки которой растут из головы вследствие мутации, вызванной воздействием радиации. Некоторые из отрицательных эффектов мутаций на организм человека. Слева внизу: ребенок, пострадавший от последствий аварии на Чернобыльской АЭС.



□ Классификация мутаций

□ *По действию на организм :*

- - морфологические (изменяют проявление любого внешнего признака);
- - физиологические (~~вызывают изменение функций любого органа, рост и развитие организма~~);
- - биохимические (вызывают различные изменения химического состава клеток и тканей).

□ *По проявлению:*

- - доминантные;
- - рецессивные.

□ *По действию на наследственные структуры:*

- Изменение структуры гена - генные мутации.
- Изменение структуры хромосом - хромосомные мутации.
- Изменение числа хромосом (перестройка генома) - геномные мутации.

Крупнейшим обобщением работ по изучению изменчивости в начале

XX века стал **закон гомологических рядов в наследственной изменчивости**, сформулированный **Н.И.Вавиловым** в докладе на III Всероссийском селекционном съезде

(г.Саратов 4 июля **1920** г.)

Закон гомологических рядов Вавилова

□ **Трактовка Н. И. Вавилова**

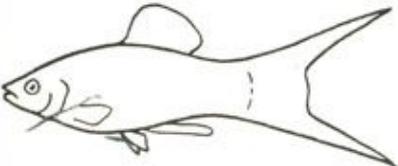
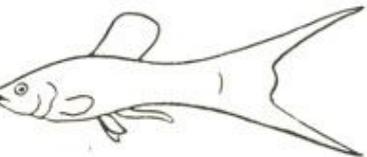
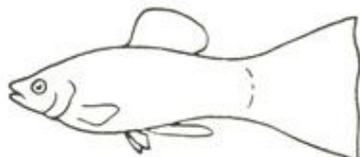
- Виды и роды генетически близкие характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости, с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов. Чем ближе родство, тем полнее сходство в рядах изменчивости.

□ **Современная трактовка закона**

- Родственные виды, роды, семейства обладают гомологичными генами и порядками генов в хромосомах, сходство которых тем полнее, чем эволюционно ближе сравниваемые таксоны. Гомология генов у родственных видов проявляется в сходстве рядов их наследственной изменчивости (1987 г.).

Хотя закон касался изменчивости у растений, Н. И. Вавилов указывал на его применимость и к животным. Теоретической основой гомологии рядов фенотипической изменчивости у близких таксономических групп является представление о единстве их происхождения путем дивергенции под действием естественного отбора. Поскольку общие предки имели определенный специфический набор генов, то и их потомки должны обладать в основном таким же набором за небольшим исключением.



	Гуппи	Меченосцы	Пецилии	Моллинезии
Круглые плавники				
Лента, меч				
Две ленты, два меча				
Вуаль				
Шарф-парус				

▣ Значение закона

- ▣ 1. Закон гомологических рядов наследственной изменчивости позволяет находить нужные признаки и варианты в почти бесконечном многообразии форм различных видов как культурных растений и домашних животных, так и их диких родичей.
- ▣ 2. Он дает возможность успешно осуществлять поиск новых сортов культурных растений и пород домашних животных с теми или иными требуемыми признаками. В этом заключается огромное практическое значение закона для растениеводства, животноводства и селекции.
- ▣ 3. Его роль в географии культурных растений сопоставима с ролью Периодической системы элементов Д. И. Менделеева в химии. Применяя закон гомологических рядов, можно установить центр происхождения растений по родственным видам со сходными признаками и формами, которые развиваются, вероятно, в одной и той же географической и экологической обстановке.

Сравнительная характеристика форм изменчивости

Свойство Наследственная	Ненаследственная	Наследственная
Объект изменений	Фенотип в пределе нормы реакции	Генотип
Фактор возникновения	Изменения условий окружающей среды	Рекомбинация генов вследствие слияния гамет, кроссинговер, мутации
Наследование свойств	Не наследуется	Наследуется
Значения для особи	Повышает жизнеспособность, приспособленность к условиям окружающей среды	Полезные изменения приводят к выживанию, вредные — к гибели организма
Значение для вида	Способствует выживанию	Приводит к появлению новых популяций, видов в результате дивергенции
Роль в эволюции	Адаптация организмов к условиям окружающей среды	Материал для естественного отбора
Форма изменчивости	Групповая	Индивидуальная
Закономерность	Статистическая закономерность вариационных рядов	Закон гомологических рядов наследственной изменчивости

Благодарю за внимание!

Вопросы для контроля:

□ 1 вариант

1. Что такое норма реакции? Приведите примеры.
2. Признаки модификационной изменчивости.

□ 2 вариант

1. Виды наследственной изменчивости, примеры.
2. Что такое полигенное наследование? Приведите примеры.