

Изменчивость: наследственная и ненаследственная

Два типа изменчивости объясняют адаптацию,
эволюцию и практику селекции.



Как наука поняла изменчивость

Изменчивость заинтересовала биологов ещё в XIX веке: Ламарк ввёл сам термин, Дарвин связал её с возникновением новых видов, а Мендель открыл наследственные закономерности. Сегодня эта тема важна для эволюции, медицины и селекции.



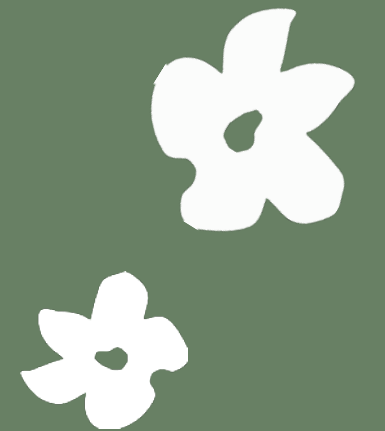
Изменчивость: определение и роль в жизни организмов

Что такое изменчивость

Изменчивость — это способность организмов приобретать различия в признаках и свойствах. Она проявляется на уровне особей и популяций, помогая им сохраняться в меняющихся условиях природы.

Зачем она нужна живым системам

Благодаря изменчивости виды осваивают новые экологические ниши и отвечают на отбор среды. В природе это видно по различиям окраски бабочек и устойчивости растений к неблагоприятным факторам.

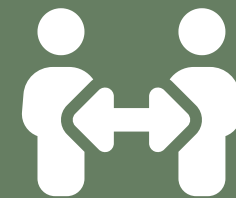


Наследственная изменчивость: ключевые признаки



Изменения в ДНК

Она связана с изменениями в ДНК и может затрагивать отдельные гены, регуляторные участки или хромосомы. Именно поэтому наследственные признаки способны сохраняться в ряду поколений.



Передача потомкам

Такие изменения передаются потомкам и формируют устойчивое разнообразие внутри вида. Наследственная изменчивость создаёт основу для отбора, потому что новые признаки могут повышать выживаемость в популяции.



Источники новизны

Возникает из-за мутаций и комбинативных процессов, поэтому даёт много вариантов признаков. У потомства появляются новые сочетания свойств, которых не было у родителей в исходном виде.



Значение для отбора

Наследственная изменчивость лежит в основе появления новых форм организмов. Она особенно важна для селекции, где отбирают удачные комбинации признаков и закрепляют их искусственно в культурах и породах.

Ненаследственная изменчивость: основные особенности

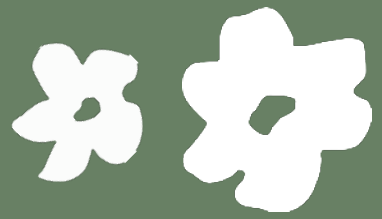
Факторы среды — температура, свет, влажность, питание — могут заметно менять внешний облик организма. При этом его генетический код остаётся прежним, а изменения возникают только в пределах реакции организма.

Такие признаки не закрепляются в наследственности и исчезают, если условия возвращаются к исходным. Поэтому модификационная изменчивость позволяет быстро и временно приспособливаться без изменения ДНК организма.

Проявление зависит не только от среды, но и от генетических возможностей вида. Один и тот же организм не может выйти за пределы, заданные нормой реакции.

Примеры хорошо знакомы: загар кожи, рост мышц при тренировках, изменение массы тела при разном питании. Во всех случаях полезный эффект связан с воздействием условий, а не с наследованием.

Как возникает генотипическая изменчивость



Наследственное изменение ДНК

В генетическом материале возникает мутация или происходит перестройка, которая затрагивает последовательность нуклеотидов или участок хромосомы. Именно так появляется новый вариант признака.

Перераспределение генов в мейозе

Во время кроссинговера и независимого расхождения хромосом формируются новые сочетания аллелей. Генетический набор гамет становится уникальным.

Слияние гамет

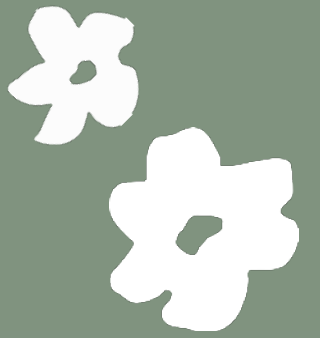
При оплодотворении случайно соединяются два набора наследственной информации. Комбинации признаков у потомства отличаются от родительских.

Проявление нового фенотипа

Наследуемые изменения могут влиять на окраску, форму, устойчивость или особенности обмена веществ. Некоторые из них становятся сырьём для отбора и селекции.



Как среда меняет внешний вид организмов



Морковь в плотной почве

Если почва тяжёлая и уплотнённая, корнеплод растёт короче и часто более ветвистым, чем на рыхлой грядке. У одного и того же сорта различия видны сразу после сбора урожая. Стоит изменить условия выращивания, и форма заметно меняется — без каких-либо наследственных перестроек, и это видно уже на глаз.



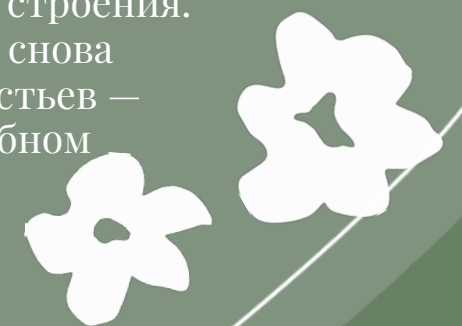
Перо птицы и питание

Окраска перьев у некоторых птиц может усиливаться или тускнеть в зависимости от состава пищи и условий содержания. Внешний вид становится своеобразным «отпечатком» среды. Когда питание меняется, прежние оттенки могут постепенно возвращаться, и это легко заметить в неволе во время наблюдений на уроке биологии и сразу по внешнему виду.



Подводные и наземные листья

У ряски и других водных растений листья на поверхности и под водой выглядят по-разному: форма зависит от среды, в которой растёт побег. Один генотип даёт разные варианты строения. После смены условий растение снова формирует привычный тип листьев — это удобно для сравнения в учебном опыте.



Графическое сравнение генотипической и модификационной изменчивости



Составлено по материалам школьного курса биологии; значения на диаграмме условные.

Диаграмма показывает не численные измерения, а учебное сравнение признаков. Оно помогает быстро увидеть, что наследственная изменчивость наследуется и устойчивее проявляется.

Итог прост: если признак передаётся потомкам, он становится материалом эволюции; если зависит от среды, он помогает приспособливаться здесь и сейчас.

Причины возникновения генотипической изменчивости

Мутации возникают спонтанно при копировании ДНК или под действием мутагенов — радиации, некоторых химических веществ, вирусов. Они меняют последовательность нуклеотидов и создают новые варианты генов.

Во время мейоза кроссинговер и независимое расхождение хромосом перемешивают уже имеющиеся аллели. В результате гаметам достаются разные комбинации, а потомство получает уникальный набор признаков.

Ещё один источник — случайное слияние гамет при оплодотворении. Даже одинаковые родители дают множество вариантов наследования, что видно по разнообразию сортов растений и пород животных.

Примеры наследственной изменчивости в природе и селекции



Лабрадоры и окраска шерсти

У собак одного и того же вида окраска шерсти может сильно различаться: от светлой до почти чёрной. За этим стоят разные сочетания наследственных вариантов генов. Поэтому потомство не повторяет родителей точь-в-точь, а получает собственный набор признаков.



Яблоки: вкус, аромат, внешний вид

Сорта яблок различаются не только по размеру и цвету, но и по вкусу, сочности и срокам созревания. Эти отличия накапливались в результате длительного отбора и наследственных изменений. Именно поэтому садовод видит десятки устойчивых форм в саду из года в год.



Кукуруза и гибриды

При гибридизации кукурузы получают растения с новым сочетанием признаков: высотой стебля, размером початков, урожайностью и устойчивостью к условиям выращивания. Такой результат не случаен — он показывает, как наследственная изменчивость даёт селекционеру материал для работы. Именно такие линии позволяют быстро выделять самые ценные комбинации для дальнейшего отбора.

Основные типы мутаций и их последствия



Точечные изменения

Точечные мутации затрагивают отдельные нуклеотиды и могут менять смысл гена. Даже небольшая замена, вставка или выпадение иногда приводит к появлению нового признака либо наследственного заболевания.



Перестройки генов и хромосом

Генные и хромосомные мутации изменяют более крупные участки наследственного материала. Делеции, дупликации и трисомии способны нарушать работу целых систем и создавать новые сочетания признаков.



Изменение набора хромосом

Геномные мутации связаны не со строением, а с числом хромосом. Такие изменения могут быть нейтральными, вредными или полезными, если повышают выживаемость в конкретной среде.



Разные последствия мутаций

Итог мутации зависит от места изменения и условий среды. У бактерий она может дать устойчивость к антибиотикам, а у человека — проявиться наследственным заболеванием или остаться незаметной.

Как проявляется модификационная изменчивость

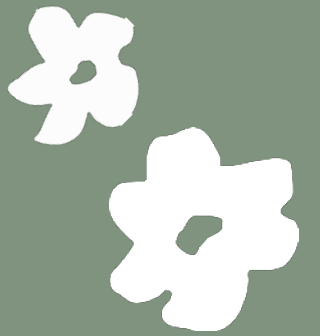
Модификационная изменчивость — это изменение фенотипа под действием среды без перестройки ДНК; генотип остается прежним, поэтому потомкам такие признаки не передаются.

На выраженность признаков влияют температура, освещенность, влажность, питание и другие условия. Один и тот же организм может заметно меняться, если среда становится иной.

Такие изменения обычно обратимы: после возвращения прежних условий фенотип частично или полностью восстанавливается. Это позволяет быстро приспосабливаться без наследственных перестроек.

Смена загара, изменение массы тела при разном кормлении и различия в размере листьев на солнце и в тени показывают, как среда формирует кратковременную адаптацию.

Яркие примеры модификационной изменчивости



Гималайский кролик и температура

У гималайского кролика окраска шерсти зависит от температуры: на холодных участках тела шерсть темнеет, а в тепле остается светлой. Так среда буквально «рисует» рисунок окраски. Если условия меняются, новый оттенок не закрепляется у потомства.



Ряска меняет форму листьев

У ряски листья под водой выглядят иначе, чем на воздухе: в водной среде они обычно более округлые, а на поверхности становятся вытянутыми. Это помогает растению экономить ресурсы и лучше работать в конкретном месте. Перемещение изменяет форму, но не наследственность.



Пшеница и питание почвы

Пшеница на бедной почве и при достаточном минеральном питании развивается по-разному: меняются высота, облиственность и общая мощность побега. Урожайность растет не из-за нового генотипа, а благодаря условиям выращивания. После смены среды эффект исчезает.



Пределы модификационной изменчивости: график реакции нормы



*Иллюстративный учебный пример по норме реакции дрозофилы;
значения условные, использованы для наглядной схемы.*

Показана иллюстративная зависимость:
температура меняет выраженность признака,
но не выходит за генетически заданные
пределы.

Признак колеблется в рамках нормы реакции:
среда влияет на фенотип, но не изменяет
генотип.

Сравнение наследственной и ненаследственной изменчивости

Краткое сопоставление двух форм изменчивости по ключевым признакам.

Главное различие связано с механизмом: одна форма меняет генотип и наследуется, другая изменяет только проявление признака в пределах нормы реакции.

Критерий	Генотипическая	Модификационная
Причина	Изменения ДНК	Факторы среды
Наследуемость	Да	Нет
Роль	Материал эволюции	Краткая адаптация

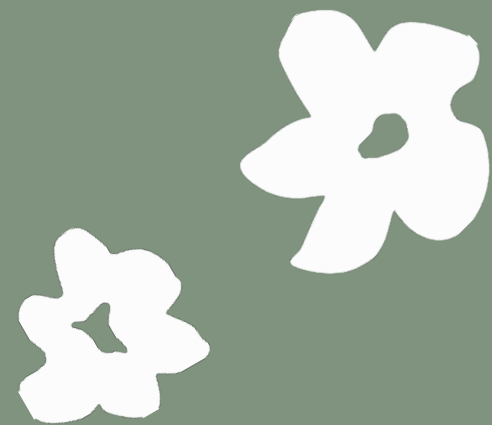
Учебник биологии 10 класса, ФГОС

Как возникает комбинативная изменчивость

При мейозе гомологичные хромосомы расходятся по клеткам случайно. Поэтому каждая гамета получает свой набор, а потомство — неповторимую комбинацию наследственного материала.

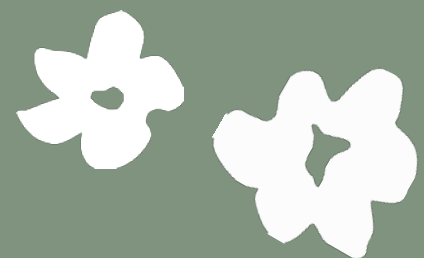
Кроссинговер дополнительно перемешивает участки ДНК между гомологичными хромосомами. Этот обмен увеличивает число вариантов признаков и делает геномы потомков ещё более разнообразными.

После оплодотворения новая комбинация аллелей закрепляется в зиготе. Именно поэтому даже у близких родственников набор наследственных признаков никогда не совпадает полностью.



Даже без учёта кроссинговера эта величина показывает, насколько мощно комбинативная изменчивость поддерживает уникальность каждого человека.

Школьный курс биологии: оценка числа комбинаций при независимом расхождении хромосом у человека.



8 МЛН

**комбинаций гамет
может дать человек
только за счёт
независимого
расхождения хромосом.**



Как знания об изменчивости работают в селекции



Холодостойкий томат для нестабильной погоды

Селекционер отбирает растения томата, которые лучше переносят похолодание и дают завязи в нестабильную погоду. Скрещивание и последующий отбор позволяют сохранить нужные признаки в новом сорте. Так наследственная изменчивость превращается в практический инструмент для теплиц и открытого грунта.



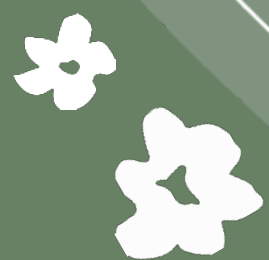
Пшеница, сочетающая урожайность и устойчивость

В поле задача иная: получить пшеницу, которая сочетает высокую урожайность, устойчивость к полеганию и качество зерна. Для этого используют комбинации полезных признаков из разных линий, а затем проверяют потомство на стабильность. Отбор идет по результату, а не по случайному внешнему виду.



Управление средой ради большего урожая

Ненаследственная изменчивость тоже важна для хозяйства. Если растение выращивают при правильном свете, поливе и минеральном питании, оно раскрывает свой потенциал без дополнительных генетических изменений. Управление условиями помогает получить больший урожай и снизить потери.



Актуальные проблемы и социальные аспекты

Наследственные изменения не всегда полезны: они лежат в основе многих генетических болезней, а у вредителей могут закрепляться мутации, снижающие действие пестицидов и усложняющие защиту урожая.

Модификационная изменчивость тесно связана с образом жизни человека: избыток калорий, малоподвижность и особенности питания повышают риск ожирения, а изменение среды может усиливать частоту аллергических реакций.

Развитие ГМО и технологий редактирования генома требует биоэтической оценки: важно соотносить пользу, возможные риски и контроль наследуемых изменений в природе и у человека.



Изменчивость: основа разнообразия и развития жизни

Изменчивость соединяет устойчивость и перемены: она помогает организмам приспосабливаться, сохранять разнообразие и эволюционировать, а человеку — точнее понимать болезни, селекцию и охрану природы.