

## Дисциплина «Биология»

дата 07.03.2024

### ТЕМА: ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОРГАНИЗМОВ. ВИДЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ. МОДИФИКАЦИОННАЯ (НЕНАСЛЕДСТВЕННАЯ) ИЗМЕНЧИВОСТЬ

*Задания выполняются тетради. После выполнения задания работу необходимо отсканировать или сфотографировать и выслать по электронной почте [olkond@yandex.ru](mailto:olkond@yandex.ru)*

*Задание отправляются день в день, т.е. данную работу необходимо отправить мне на почту 07.03.2024 до 24.00*

*В тетради перед выполнение работы необходимо указать следующую информацию:*

*Фамилия, Имя студента:*

*Группа:*

*Дата:*

*Тема занятия:*

**Задание 1.** Используя текст лекции составьте конспект занятия по следующему плану:

1. Типы модификационной изменчивости
2. Виды модификаций
3. Статистические закономерности модификационной изменчивости
4. Характеристика модификационной изменчивости
5. Примеры модификационной изменчивости

**Задание 2:** Используя текст лекции дайте определение понятий: признак; контрастный признак; мономорфный признак; полиморфный признак; изменчивость; модификационная изменчивость; норма реакции; модификации; морфозы; фенкопии; вариационный ряд; вариационная кривая.

**Задание 3:** Выполните тестовые задания.

1. Изменчивостью называется:
  - а) особенность организма по сравнению с другими особями
  - б) способность живых организмов приобретать новые признаки и свойства
  - в) новые признаки и свойства организма
  - г) способность передавать признаки по наследству
2. Основой разнообразия живых организмов является:
  - а) модификационная изменчивость
  - б) генотипическая изменчивость
  - в) фенотипическая изменчивость
  - г) ненаследственная изменчивость
3. Границы фенотипической изменчивости называются:
  - а) вариационным рядом
  - б) вариационной кривой
  - в) нормой реакции
  - г) модификацией
4. Ненаследственные изменения генотипа, которые напоминают наследственные заболевания:
  - а) фенкопии
  - б) морфозы
  - в) мутации
  - г) полиплоидия
5. Изменение структуры гена лежит в основе:
  - а) комбинативной изменчивости
  - б) модификационной изменчивости
  - в) мутационной изменчивости
  - г) полиплоидии
6. Радиация – это мутагенный фактор:
  - а) химический
  - б) физический
  - в) биологический
  - г) верного ответа нет
7. Мутации, которые затрагивают лишь часть тела:
  - а) соматические
  - б) генные
  - в) генеративные

- г) хромосомные
8. Потеря участка хромосомы называется:
- делеция
  - дупликация
  - инверсия
  - транслокация
9. Явление потери одной хромосомы ( $2n$ -)
- получило название:
    - моносомии
    - трисомии
    - полисомии
    - полиплоидии
10. Загар – это пример
- мутации
  - морфоэволюции
  - фенокопии
  - модификации
11. Выберите два верных ответа из пяти. Организм, в потомстве которого может появиться признак, обусловленный соматической мутацией
- гидра
  - волк
  - еж
  - выдра
  - тюльпан
12. Приведённые ниже характеристики, кроме двух, используются для описания

- причин комбинативной изменчивости. Определите эти две характеристики, «выпадающие» из общего списка, и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.
- случайная встреча гамет при оплодотворении
  - спирализация хромосом
  - репликация ДНК в интерфазе
  - рекомбинация генов при кроссинговере
  - независимое расхождение хромосом в мейозе
13. При генной мутации происходит
- замена одного нуклеотида в ДНК на другой
  - конъюгация гомологичных хромосом и обмен генами между ними
  - выпадение нескольких нуклеотидов в молекуле ДНК
  - вставка нескольких нуклеотидов в молекулу иРНК
  - изменение сочетаний генов отцовского и материнского организмов
  - появление в генотипе лишней хромосомы

14. Проанализируйте таблицу. Заполните пустые ячейки таблицы, используя понятия и термины, примеры, приведенные в списке. Для каждой ячейки, обозначенной буквами, выберите соответствующий термин из предложенного списка.

Вид изменчивости	Форма изменчивости	Пример изменчивости
(А)	мутационная	появление в потомстве растения-альбиноса
наследственная	(Б)	в результате комбинации гамет у потомков формируется новый фенотип
ненаследственная	модификационная	(В)

Список терминов:

- наследственная
- рождение белоглазой особи у красноглазых родительских организмов дрозофилы
- изменение окраски шерсти у зайца-беляка в зависимости от температуры
- комбинативная
- ненаследственная

15. Установите соответствие:

<b>пример</b>	<b>форма изменчивости</b>
а) появление коротконогой овцы в стаде с нормальными овцами б) появление мыши-альбиноса среди серых мышей в) изменение у стрелолиста формы листьев, произрастающих в воде и на воздухе г) проявление у детей цвета глаз одного из родителей д) изменение размеров кочана капусты при недостатке влаги	1. генотипическая 2. модификационная

16. Установите соответствие:

<b>характеристика изменчивости</b>	<b>вид изменчивости</b>
А) носит групповой характер Б) носит индивидуальный характер В) наследуется Г) не наследуется Д) обусловлена нормой реакции признака Е) неадекватна изменениям условий среды	1) модификационная 2) мутационная

## ЛЕКЦИЯ: ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОРГАНИЗМОВ. ВИДЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ. МОДИФИКАЦИОННАЯ (НЕНАСЛЕДСТВЕННАЯ) ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Представления о том, что для живых существ характерны наследственность и изменчивость, сложились еще в древности. Было замечено, что при размножении организмов из поколения в поколение передается комплекс признаков и свойств, присущих конкретному виду (проявление наследственности). Однако столь же очевидно и то, что между особями одного вида существуют некоторые различия – проявление изменчивости (рис. 1).



*Рис. 1. Различия между членами одной популяции.*

Благодаря наследственности обеспечивается сохранение видов на протяжении значительных промежутков (до сотен миллионов лет) времени. Однако условия окружающей среды меняются (иногда существенно) с течением времени, и в таких случаях изменчивость, приводящая к разнообразию особей внутри вида, обеспечивает его выживание. Какие-то из особей оказываются более приспособленными к новым условиям, это и позволяет им выжить. Кроме того, изменчивость позволяет видам расширять границы своего местообитания, осваивать новые территории (рис. 2).

Сочетание двух указанных свойств тесно связано с процессом эволюции. Новые признаки организмов появляются в результате изменчивости, а благодаря наследственности они сохраняются в последующих поколениях. Накопление множества новых признаков приводит к возникновению других видов.

Понятие изменчивости, как правило, применимо только для полиморфных признаков.

**Признак** – любое качество или свойство, которым характеризуется группа организмов, организм или часть организма. Признаки, которые в норме существуют в единственном варианте, называются **константными**, или **моморфными**. Признаки, которые в норме представлены двумя и более вариантами, называются **варибельными**, или **полиморфными**.



*Рис. 2. Освоение видами новых территорий.*

Полиморфными признаками могут быть следующие качества и свойства:

- **биохимические** – изменяется структура семантид: нуклеиновых кислот и белков (семантиды – это вещества, несущие специфическую информацию об особенностях клетки, организма или группы организмов);
- **физиолого-биохимические** – изменяется характер обмена веществ;
- **анатомо-морфологические** – изменяются особенности внутреннего и внешнего строения организмов;
- **онтогенетические** – изменяется характер индивидуального развития;
- **физиолого-репродуктивные (общебиологические)** – изменяются плодовитость, границы репродуктивного периода и другие признаки, связанные с воспроизведением;
- **этологические** – изменяются поведенческие реакции организмов на изменение внешних условий.

### ВИДЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ

**Изменчивость** – это универсальное свойство живых организмов приобретать новые признаки в процессе индивидуального развития организмов (онтогенеза).

Как известно, эволюционная теория, разработанная *Ж.Б. Ламарком* (1744-1829), основывалась на ошибочном постулате о наследовании изменений, приобретаемых в течение жизни, т.е. о наследовании модификаций. Само по себе представление Ж.Б. Ламарка об эволюции органических форм было, несомненно, прогрессивным для своего времени, но его объяснение механизма эволюционного прогресса было неверным и отражало распространенное заблуждение, характерное для биологов XVIII столетия.

*Ч. Дарвин* (1809-1882) в своем «Происхождении видов путем естественного отбора...» разделил изменчивость на определенную и неопределенную. Эта классификация в общем соответствует нынешнему делению изменчивости на ненаследственную и наследственную.

Различают два вида изменчивости: фенотипическую (модификационную) и генотипическую (рис. 3).



Рис. 3. Классификация изменчивости.

## МОДИФИКАЦИОННАЯ (НЕНАСЛЕДСТВЕННАЯ) ИЗМЕНЧИВОСТЬ

**Ненаследственная (фенотипическая, модификационная)** изменчивость – это фенотипические различия у генетически одинаковых особей, способность организмов изменять свой фенотип под влиянием различных факторов. Фенотипическая изменчивость не связана с изменением генетического материала. Она является ответной реакцией организма на конкретные изменения окружающей среды. Большую роль в формировании признаков организмов играет среда его обитания. Каждый организм развивается и обитает в определенной среде, испытывая на себе действие ее факторов, способных изменять морфологические и физиологические свойства организмов, т.е. их фенотип.

Причиной модификационной изменчивости являются изменения внешней среды обитания организма или его внутренней среды, не затрагивающие гены организма, наследственный материал и не вызывающие изменений генотипа особи. Следовательно, эти изменения не наследуются (**ненаследственная**). Так, если получить потомство от тритонов, выращенных на темном грунте, и поместить их на светлый, то все они будут иметь светлую окраску, а не темную, как их родители. То есть данный вид изменчивости не затрагивает генотип и поэтому не передается потомкам.

Изучение влияния новых условий на человека показало, что такие признаки, как тип обмена веществ, предрасположенность к некоторым заболеваниям, группа крови, узоры кожи на пальцах, и другие определяются генотипом, и их выражение мало зависит от факторов окружающей среды. Другие признаки, такие как уровень интеллекта, вес, рост и т.п., обладают широким диапазоном изменений, и их проявление в значительной степени определяется окружающей средой. Те внешние различия, которые обусловлены средой, получили название **модификаций**. Модификации не связаны с изменением генетических структур особи, а являются лишь частной реакцией генотипа на конкретные изменения окружающей среды (температуры, содержания кислорода во вдыхаемом воздухе, характера питания, воспитания, обучения и т.д.).

Модификационная изменчивость носит групповой характер (**групповая**), то есть все особи одного вида, помещенные в одинаковые условия, приобретают сходные признаки. Например, если сосуд с эвгленами зелеными поместить в темноту, то все они утратят зеленую окраску, если же вновь выставить на свет – все опять станут зелеными.

Модификационная изменчивость является **определенной**, то есть всегда соответствует факторам, которые ее вызывают. Так, усиленные физические нагрузки влияют на степень развития мышц. Под действием ультрафиолетовых лучей у людей (если они не альбиносы) возникает загар в результате накопления в коже меланина, причем у разных людей интенсивность окраски кожи различна.

В оптимальных условиях выявляется максимум возможностей, присущих данному генотипу. Так, продуктивность беспородных животных в условиях улучшенного содержания и ухода повышается (надой молока, нагул мяса). В этом случае все особи с одинаковым генотипом отвечают на внешние условия одинаково, поэтому *Ч. Дарвин* этот тип изменчивости назвал **определенной** или **групповой изменчивостью**. Однако другой признак – жирность молока – слабо подвержен изменениям условий среды, а масть животного – еще более устойчивый признак.

Интенсивность модификационной изменчивости можно регулировать. Модификационная изменчивость направлена.

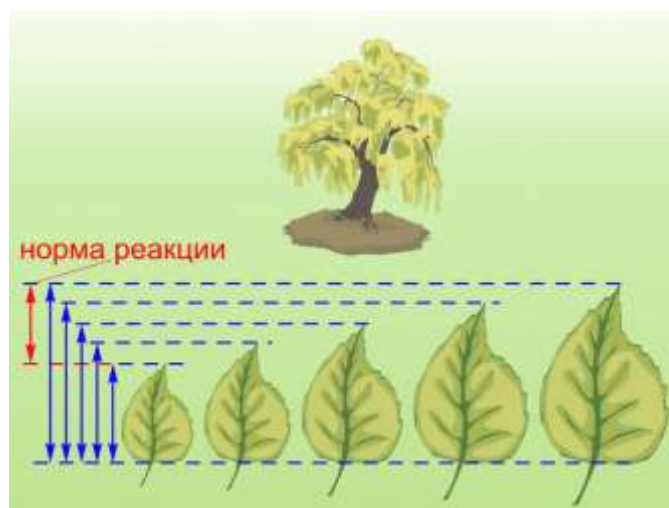


Рис. 4. Норма реакции.

Модификационная изменчивость признака может быть очень велика, но она всегда контролируется генотипом организма и обычно колеблется в определенных пределах. Конкретные изменения не наследуются, они формируются в процессе жизнедеятельности особи. Наследуется генотип с его специфической нормой реакции на изменение среды. Внешние воздействия могут вызывать у особи или группы особей изменения, которые бывают для них вредными, безразличными или полезными, т.е. приспособительными.

Границы фенотипической изменчивости, контролируемые генотипом организма, называются **нормой реакции** (рис. 4).

Широкая норма реакции приводит к повышению выживаемости. Широкая норма реакции свойственна **количественным признакам**, таким как удои молока, размеры листьев, окраска у некоторых бабочек; узкая норма реакции для **качественных признаков** – жирности молока, яйценоскости у кур, интенсивности окраски венчиков у цветков и др.

Одним из первых исследователей, изучавших модификационную изменчивость, был *К. Нэгели* (1865), который сообщил, что если альпийские формы растений, например ястребинки, перенести на богатую почву Мюнхенского ботанического сада, то у них обнаруживаются увеличение мощности, обильное цветение, а некоторые растения изменяются до неузнаваемости. Если же формы вновь перенести на бедные каменистые почвы, то они возвращаются к исходной форме. Несмотря на полученные результаты, *К. Нэгели* оставался сторонником наследования приобретенных свойств.

Впервые строгий количественный подход к исследованию модификационной изменчивости с позиций генетики применил *В. Иогансен*. Он изучал наследование массы и размера семян фасоли – признаков, в значительной степени меняющихся под влиянием как генетических факторов, так и условий выращивания растений.

Убежденным противником наследования свойств, приобретенных в онтогенезе, был *А. Вейсман* (1833-1914). Последовательно отстаивая дарвиновский принцип естественного отбора как движущую силу эволюции, он предложил разделить понятия соматогенных и бластогенных изменений, т.е. изменения свойств соматических клеток и органов, с одной стороны, и изменения свойств генеративных клеток – с другой. *А. Вейсман* указал на невозможность существования механизма, который передавал бы изменения соматических клеток половым таким образом, чтобы в следующем поколении организмы изменялись адекватно тем модификациям, которые претерпели родители во время своего онтогенеза.

Иллюстрируя это положение, *А. Вейсман* поставил следующий эксперимент, доказывавший ненаследование приобретенных признаков. На протяжении 22 поколений он отрубал хвосты белым мышам и скрещивал их между собой. В общей сложности он обследовал 1592 особи и ни разу не обнаружил укорочения хвоста у новорожденных мышат.

### **Типы модификационной изменчивости**

Различают следующие типы фенотипической изменчивости: модификации, морфозы и фенкопии.

**Модификации** – это ненаследственные изменения, которые возникают под действием фактора среды, носят адаптивный характер и чаще всего обратимы (например, увеличение эритроцитов в крови при недостатке кислорода).

*Свойства модификаций:*

- 1) ненаследуемость;
- 2) групповой характер изменений;
- 3) соотнесение изменений действию определенного фактора среды;
- 4) обусловленность пределов изменчивости генотипом.

При интенсивном действии многих агентов наблюдаются ненаследуемые изменения, случайные (по своему проявлению) по отношению к воздействию. Такие изменения называют **морфозами**. Очень часто они напоминают фенотипическое проявление известных мутаций. Тогда их называют **фенкопиями** этих мутаций.

В конце 30-х – начале 40-х годов *И.А. Рапопорт* исследовал действия на дрозофилу многих химических соединений, показав, что, например, соединения сурьмы – brown (коричневые глаза); мышьяковистая кислота и некоторые другие соединения – изменения крыльев, пигментации тела; соединения бора – eyeless (безглазие), aristopedia (превращение арист в ноги), соединения серебра – yellow (желтое тело) и т.д. При этом некоторые морфозы при воздействии на определенную стадию развития индуцировались с высокой частотой (до 100%).

**Морфозы** – это ненаследственные изменения, вызванные экстремальными или необычными факторами среды (рентгеноморфозы, хемоморфозы), которые изменяют соматические клетки и необратимы (например, ожоги, шрамы). Морфозы рассматривают как «уродства», которые не наследуются и не носят адаптивного характера. Например, при облучении личинок дрозофилы получают имаго с вырезками в различных частях крыла, которые являются следствием гибели части клеток имагинальных дисков крыла вследствие облучения.

**Фенкопии** – это ненаследственные изменения, сходные с известными мутациями (вариант эмбриопатии). Фенкопии являются результатом действия физических и химических агентов на генетически нормальный организм. Например, при использовании талидомида часто рождались дети с фокомелией (рис. 5) – укороченными ластовидными руками, которую могут вызвать и мутантные аллели.



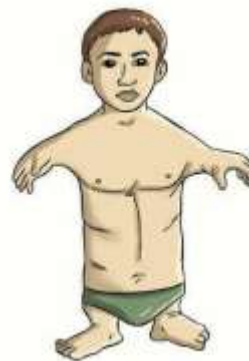


Рис.5. Фокомелия (греч. *phoke* – тюлень, *melos* – часть тела, конечность).

Фенотип формируется в результате взаимодействий генотипа и факторов среды. Фенотипические признаки не передаются от родителей потомкам, наследуется лишь норма реакции, т. е. характер реагирования на изменение окружающих условий. У гетерозиготных организмов при изменении условий среды можно вызвать различные проявления данного признака.

Для оценки степени выраженности изучаемого признака используют понятие: **экспрессивность** – степень фенотипического проявления гена. Этот показатель зависит от взаимодействия гена с другими генами или от воздействия внешних условий. Наличие данного гена не всегда означает, что он проявится в фенотипе. Для оценки количества особей, у которых этот признак фенотипически проявился, используют термин «пенетрантность».

**Пенетрантность** – это частота фенотипического проявления признака у особей с одинаковым генотипом по этому гену. Например, пенетрантность врожденного вывиха бедра составляет 20%, сахарного диабета – 65%.

### Виды модификаций

Различают возрастные, сезонные и экологические модификации. Они сводятся к изменению лишь степени выраженности признака; нарушения структуры генотипа при них не происходит. Следует отметить, что четкую границу между возрастными, сезонными и экологическими модификациями провести невозможно.

➤ **Возрастные, или онтогенетические, модификации** выражаются в виде постоянной смены признаков в процессе развития особи. Это наглядно демонстрируется на примере онтогенеза земноводных (головастики, сеголетки, взрослые особи), насекомых (личинка, куколка, имаго) и других животных, а также растений. У человека в процессе развития наблюдаются модификации морфофизиологических и психических признаков. Например, ребенок не сможет правильно развиваться и физически, и интеллектуально, если в раннем детстве на него не будут оказывать влияние нормальные внешние, в том числе социальные, факторы. Например, долгое пребывание ребенка в социально неблагополучной среде может вызвать необратимый дефект его интеллекта.

Онтогенетическая изменчивость, как и сам онтогенез, детерминируется генотипом, где закодирована программа развития особи. Однако особенности формирования фенотипа в онтогенезе обусловлены взаимодействием генотипа и среды. Под влиянием необычных внешних факторов могут происходить отклонения в формировании нормального фенотипа.

Таким образом, совокупность признаков особи (ее фенотип) является результатом реализации генетической информации в конкретных условиях окружающей среды.

Формируется фенотип в процессе индивидуального развития, начиная с момента оплодотворения. Физическое, психическое и умственное здоровье человека – это результат взаимодействия унаследованных человеком особенностей с факторами окружающей среды, воздействующими на него на протяжении всей жизни. Ни наследственность, ни окружающая человека среда не являются неизменными. Этот важный принцип лежит в основе современного понимания процессов изменчивости и наследственности. В мире нельзя найти двух людей, за исключением однояйцевых близнецов (развившихся из одной оплодотворенной яйцеклетки), обладающих одинаковым набором генов. Нельзя также найти двух людей, проживших жизнь в одинаковых условиях. Наследственность и среда не противопоставляются друг другу: они едины и немыслимы одна без другой.



Рис. 6. Заяц-беляк летом и зимой.

➤ **Сезонные модификации** особей или целых популяций проявляются в виде генетически детерминированной смены признаков (например, изменение окраски шерсти (рис. 6), появление подпушка у животных), происходящей в результате сезонных изменений климатических условий.

Ярким примером такой изменчивости является опыт с горностаевым кроликом. У горностаевого кролика на спине выбривают наголо определенный участок (спина горностаевого кролика покрыта белой шерстью), и затем кролика помещают на холод. Оказывается, что в таком случае на оголенном месте, подвергшемся влиянию низкой температуры, появляется темнопигментированный волос и в результате на спине – темное пятно (рис. 7).

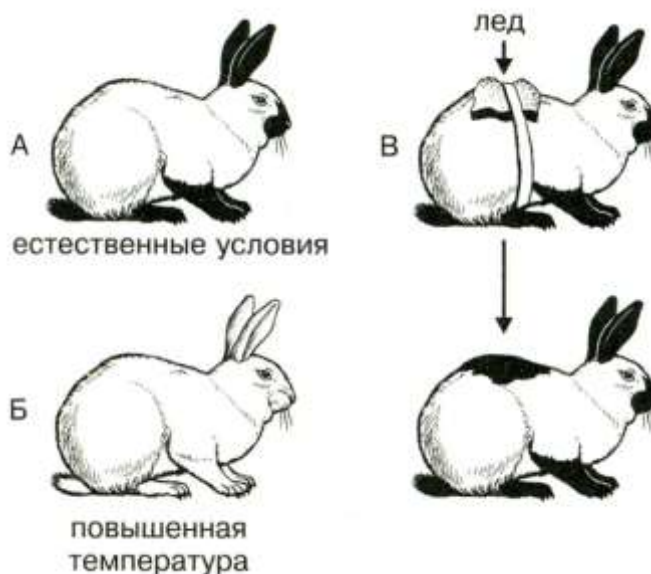


Рис. 7. Опыт с горностаевым кроликом.

Очевидно, что развитие того или иного признака кролика – его фенотип, в данном случае – горностаевая окраска, зависит не только от его генотипа, но и от всей совокупности условий, в которых происходит это развитие.

Советский биолог *Ильин* показал, что температура окружающей среды имеет большое значение в развитии пигмента у горностаевого кролика, причем для каждой области тела есть свой порог температуры, выше которого вырастает белая шерсть, а ниже – черная (рис. 8).

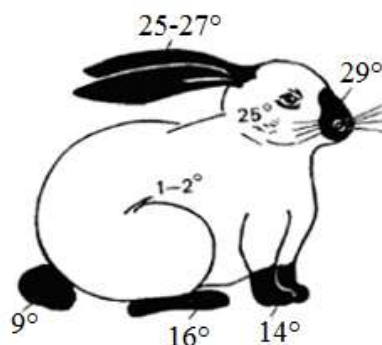


Рис 8. Карта температурных порогов пигментации шерсти у горностаевого кролика (из Ильина по С.М. Гершензону)

➤ **Экологические модификации** представляют собой адаптивные изменения фенотипа в ответ на изменение условий среды. Сезонные модификации можно отнести к группе экологических модификаций.

Экологические модификации фенотипически проявляются в изменении степени выраженности признака. Они могут возникать на ранних стадиях развития и сохраняться в течение всей жизни. Классическим примером экологических модификаций могут служить различные формы листовой пластины у стрелолиста, обусловленные влиянием среды: погруженные в воду листья имеют лентовидную форму, листья, плавающие на поверхности воды, – округлую, а находящиеся в воздушной среде, – стреловидные. Если же все растение оказывается полностью погруженным в воду, его листья только лентовидные (рис. 9).



Рис. 9. Растение стрелолиста, образующее три типа листьев: надводные, плавающие и подводные.

Экологические модификации затрагивают количественные (количество лепестков в цветке, потомства у животных, масса животных, высота растений, размер листа и т.д.) и

качественные (окраска цветков у медуницы, чины лесной, примулы; цвет кожи у человека под влиянием ультрафиолетовых лучей и др.) признаки.



Рис.10. Листья водяного лютика.

Так, например, *Леваковский* при выращивании в воде ветки ежевики вплоть до ее распускания обнаружил существенные изменения в анатомическом строении ее ткани. В аналогичном эксперименте *Константен* выявил фенотипические различия в строении надводной и подводной частей листа у лютика (рис.10).

В 1895 г. французский ботаник *Г. Боннье* провел опыт, ставший классическим примером экологической модификации. Он разделил одно растение одуванчика на две части и выращивал их в разных условиях: на равнине и высоко в горах. Первое растение достигло нормальной высоты, а второе оказалось карликовым (рис.11). Такого рода изменения бывают и у животных. Например, *Р. Вольтерк* в 1909 г. наблюдал изменения высоты шлема у дафний в зависимости от условий питания.



Рис. 11. Опыт Г. Боннье.

Экологические модификации, как правило, обратимы и со сменой поколений при условии изменения внешней среды могут проявиться. Например, потомство низкорослых растений на хорошо удобренных почвах будет нормальной высоты; определенное количество лепестков в цветке какого-либо растения в потомстве может не повториться; у человека с кривыми ногами вследствие рахита бывает вполне нормальное потомство. Если же в ряду поколений условия не меняются, степень выраженности признака в потомстве сохраняются, ее нередко принимают за стойкий наследственный признак (длительные модификации).

### Статистические закономерности модификационной изменчивости

К статистическим закономерностям модификационной изменчивости относятся варианты, вариационный ряд изменчивости признака и вариационная кривая.

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**. При изучении изменчивости признака в выборочной совокупности составляется вариационный ряд, в котором особи располагаются по возрастанию показателя изучаемого признака.

**Вариационный ряд** представляет ряд вариантов, расположенных в порядке убывания или возрастания (например, если собрать листья с одного и того же дерева и расположить их по мере увеличения длины листовой пластинки, то получается вариационный ряд (рис. 12) изменчивости данного признака).

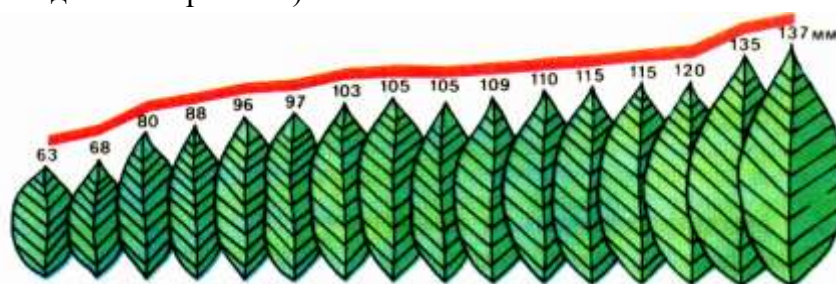


Рис. 12. Вариационный ряд листьев лавровишни (цифрами показана длина листьев).

На основании вариационного ряда строится **вариационная кривая** – это графическое изображение зависимости между размахом изменчивости признака и частотой встречаемости отдельных вариантов данного признака (рис. 13). Частота встречаемости отдельных вариантов обозначается буквой **p**, например, если взять 100 колосков пшеницы (**n**) и подсчитать число колосков в колосе, то это количество будет от 14 до 20 – это численное значение вариантов (**v**). Вариационный ряд:  $v = 14-15-16-17-18-19-20$ . Частота встречаемости каждой варианты  $p = 2-7-22-32-24-8-5$ . Среднее значение признака встречается чаще, а вариации, значительно отличающиеся от него, – намного реже. Это называется нормальным распределением. Кривая на графике бывает, как правило, симметричной. Вариации, как большие, чем средние, так и меньшие, встречаются одинаково часто.

Наиболее типичный показатель признака – это его средняя величина, то есть среднее арифметическое вариационного ряда.

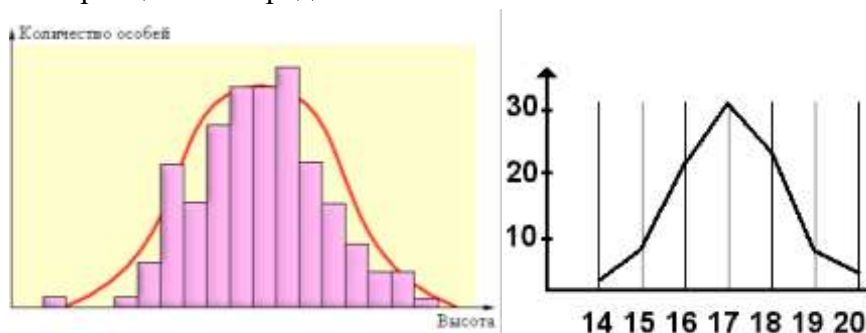


Рис. 13. Вариационная кривая.

Среднее значение данного признака легко рассчитать. Для этого используют формулу:  $M = \Sigma (v \times p) / n$ , где **M** – средняя величина признака, в числителе сумма произведений

вариант на их частоту встречаемости, в знаменателе – количество вариант (**n**). Для данного признака среднее значение равно 17,1.

Знание закономерностей модификационной изменчивости имеет большое практическое значение, поскольку позволяет предвидеть и заранее планировать степень выраженности многих признаков организмов в зависимости от условий внешней среды.

### **Характеристики модификационной изменчивости**

1. Адаптивные изменения (например, стрелолист).

2. Приспособительный характер. Это означает, что в ответ на изменившиеся условия среды у особи проявляются такие фенотипические изменения, которые способствуют их выживанию. Примером служит изменение содержания влаги в листьях растений в засушливых и влажных районах, окраски у хамелеона, формы листа у стрелолиста в зависимости от условий среды.

3. Обратимость в пределах одного поколения, т.е. со сменой внешних условий у взрослых особей меняется степень выраженности тех или иных признаков. Например, у крупного рогатого скота в зависимости от условий содержания может колебаться удой и жирность молока, у кур – яйценоскость.

4. Модификации адекватны, т.е. степень выраженности признака находится в прямой зависимости от вида и продолжительности действия того или иного фактора. Так, улучшение содержания скота способствует увеличению живой массы животных, плодовитости, удою и жирности молока; на удобренных почвах при оптимальных климатических условиях повышается урожайность зерновых культур и т.д.

5. Массовый характер. Массовость обуславливается тем, что один и тот же фактор вызывает примерно одинаковое изменение у особей, сходных генотипически.

6. Длительные модификации. Впервые были описаны в 1913 г. нашим соотечественником *В. Иоллосом*. Путем раздражения инфузорий туфельек он вызвал у них появление ряда морфологических особенностей, которые сохранялись в течение большого числа поколений, до тех пор, пока размножение было бесполом. При изменении условий развития длительные модификации не наследуются. Поэтому ошибочно мнение, что воспитанием и внешним воздействием можно закрепить в потомстве новый признак. Например, предполагалось, что от хорошо дрессированных животных потомство получается с лучшими «актерскими» данными, чем от недресированных. Потомство дрессированных животных действительно легче поддается воспитанию, но объясняется это тем, что оно наследует не приобретенные родительскими особями навыки, а способность к дрессировке, обусловленную наследуемым типом нервной деятельности.

7. Норма реакций (предел модификации). Именно норма реакции, а не сами модификации, наследуются, т.е. наследуется способность к развитию того или иного признака, а форма его проявления зависит от условий внешней среды. Норма реакции – это конкретная количественная и качественная характеристика генотипа, т.е. определенное сочетание генов в генотипе и характер их взаимодействия.

### **Примеры модификационной изменчивости**

У человека:

- увеличение уровня эритроцитов при подъеме в горы;

- увеличение пигментации кожи при интенсивном воздействии ультрафиолетовых лучей;

- развитие костно-мышечной системы в результате тренировок;
- шрамы (пример морфоза).

У насекомых и других животных:

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

У растений:

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

У бактерий:

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