

Основные понятия и законы генетики

Генетика — наука о закономерностях наследственности и изменчивости

Генетика - относительно молодая наука.

Официальной датой ее рождения считается 1900г., когда Г. де Фриз в Голландии, К. Корренс в Германии и Э. Чермак в Австрии независимо друг от друга "переоткрыли" законы наследования признаков, установленные Г. Менделем еще в 1865 году.



Грегор Мендель.



Гуго де Фриз.



Карл Корренс.



Эрик Чермак.

Основные генетические понятия

Изменчивость — свойство организмов приобретать новые по сравнению с родителями признаки. В широком смысле под изменчивостью понимают различия между особями одного вида.

Признак — любая особенность строения, любое свойство организма. Развитие признака зависит как от присутствия других генов, так и от условий среды, формирование признаков происходит в ходе индивидуального развития особей. Поэтому каждая отдельно взятая особь обладает набором признаков, характерных только для нее.

Фенотип — совокупность всех внешних и внутренних признаков организма.

Ген — функционально неделимая единица генетического материала, участок молекулы ДНК, кодирующий первичную структуру белка. В широком смысле ген — участок ДНК, определяющий возможность развития отдельного элементарного признака.

Генотип — совокупность генов организма.

Основные генетические понятия

Локус — местоположение гена в хромосоме.

Аллельные гены — гены, расположенные в идентичных локусах гомологичных хромосом.

Гомозигота — организм, имеющий аллельные гены одной молекулярной формы.

Гетерозигота — организм, имеющий аллельные гены разной молекулярной формы; в этом случае один из генов является доминантным, другой — рецессивным.

Рецессивный ген — аллель, определяющий развитие признака только в гомозиготном состоянии; такой признак будет называться рецессивным.

Доминантный ген — аллель, определяющий развитие признака не только в гомозиготном, но и в гетерозиготном состоянии; такой признак будет называться доминантным.

Методы генетики

Основным является **гибридологический метод** — система скрещиваний, позволяющая проследить закономерности наследования признаков в ряду поколений. Впервые разработан и использован Г. Менделем. Отличительные особенности метода:

- 1) целенаправленный подбор родителей, различающихся по одной, двум, трем и т. д. парам контрастных (альтернативных) стабильных признаков;
- 2) строгий количественный учет наследования признаков у гибридов;
- 3) индивидуальная оценка потомства от каждого родителя в ряду поколений.

Скрещивание, при котором анализируется наследование одной пары альтернативных признаков, называется **моногибридным**, двух пар — **дигибридным**, нескольких пар — **полигибридным**. Под альтернативными признаками понимаются различные значения какого-либо признака, например, признак — цвет горошин, альтернативные признаки — желтый цвет, зеленый цвет горошин.

Кроме гибридологического метода, в генетике используют: **генеалогический** — составление и анализ родословных; **цитогенетический** — изучение хромосом; **близнецовый** — изучение близнецов; **популяционно-статистический** метод — изучение генетической структуры популяций.

Генетическая символика

Предложена Г. Менделем, используется для записи результатов скрещиваний:

P — родители;

F — потомство, число внизу или сразу после буквы указывает на порядковый номер поколения (F_1 — гибриды первого поколения — прямые потомки родителей, F_2 — гибриды второго поколения — возникают в результате скрещивания между собой гибридов F_1);

× — значок скрещивания;

♂ — мужская особь;

♀ — женская особь;

A — доминантный ген,

a — рецессивный ген;

AA — гомозигота по доминанте,

aa — гомозигота по рецессиву,

Aa — гетерозигота.

Закон единообразия гибридов первого поколения, или первый закон Менделя

Успеху работы Менделя способствовал удачный выбор объекта для проведения скрещиваний — различные сорта гороха.

Особенности гороха: 1) относительно просто выращивается и имеет короткий период развития; 2) имеет многочисленное потомство; 3) имеет большое количество хорошо заметных альтернативных признаков (окраска венчика — белая или красная; окраска семядолей — зеленая или желтая; форма семени — морщинистая или гладкая; окраска боба — желтая или зеленая; форма боба — округлая или с перетяжками; расположение цветков или плодов — по всей длине стебля или у его верхушки; высота стебля — длинный или короткий); 4) является самоопылителем, в результате чего имеет большое количество чистых линий, устойчиво сохраняющих свои признаки из поколения в поколение.

Опыты по скрещиванию разных сортов гороха Мендель проводил в течение восьми лет, начиная с 1854 года.

8 февраля 1865 года Г. Мендель выступил на заседании Брюннского общества естествоиспытателей с докладом «Опыты над растительными гибридами», где были обобщены результаты его работы.

Мендель провел скрещивание:

P: Сорт гороха с желтыми
 семенами



×

Сорт гороха с зелеными
семенами



F₁:

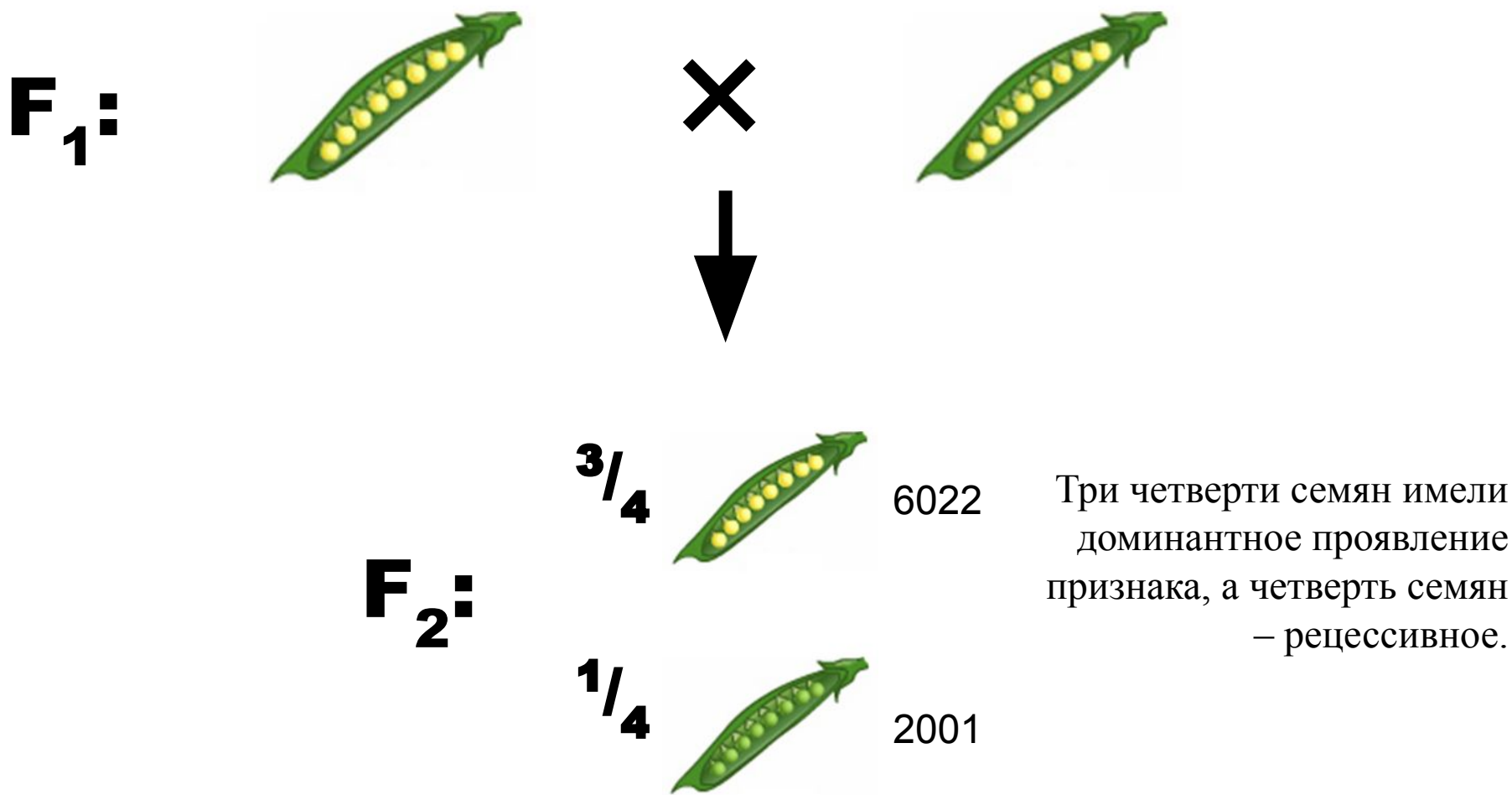


В первом поколении
были только растения с
желтыми семенами!

Закон единообразия гибридов первого поколения, или первый закон Менделя

При моногибридном скрещивании
гомозиготных особей, имеющих разные
значения альтернативных признаков, гибриды
являются единообразными по генотипу и
фенотипу.

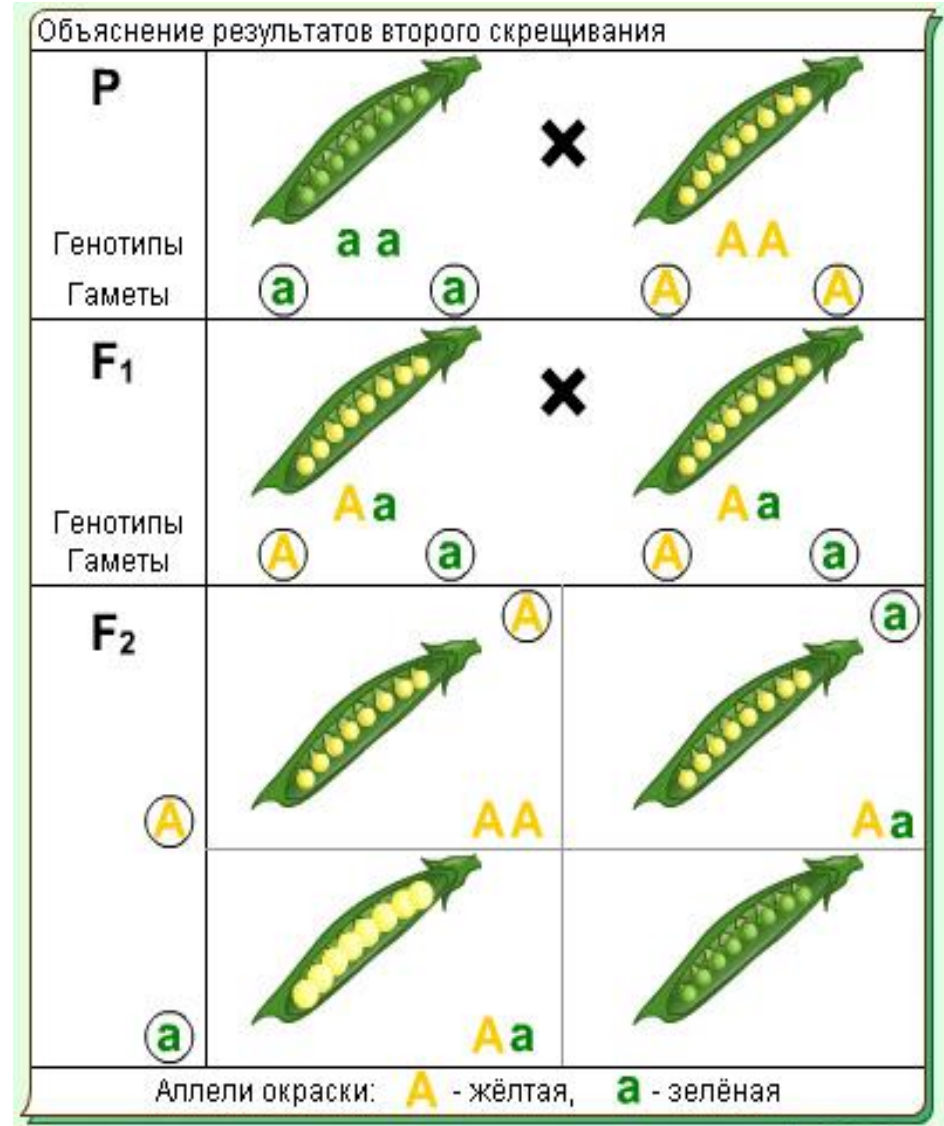
Г. Мендель дал возможность самоопылиться гибридам первого поколения. У полученных таким образом гибридов второго поколения проявился не только доминантный, но и рецессивный признак.



Закон расщепления, или второй закон Менделя

Анализ данных позволил сделать следующие выводы:

1. Единообразия гибридов во втором поколении не наблюдается: часть гибридов несет один (доминантный), часть — другой (рецессивный) признак из альтернативной пары;
2. Количество гибридов, несущих доминантный признак, приблизительно в три раза больше, чем гибридов, несущих рецессивный признак;
3. Рецессивный признак у гибридов первого поколения не исчезает, а лишь подавляется и проявляется во втором гибридном поколении.



Второй закон Менделя — закон расщепления

При моногибридном скрещивании
гетерозиготных особей у гибридов имеет
место расщепление по фенотипу в
отношении 3:1, по генотипу 1:2:1

Закон чистоты гамет

С 1854 года в течение восьми лет Мендель проводил опыты по скрещиванию растений гороха. Им было выявлено, что в результате скрещивания различных сортов гороха друг с другом гибриды первого поколения обладают одинаковым фенотипом, а у гибридов второго поколения имеет место расщепление признаков в определенных соотношениях. Для объяснения этого явления Мендель сделал ряд предположений, которые получили название «гипотезы чистоты гамет», или «закона чистоты гамет». Мендель предположил, что:

- 1. За формирование признаков отвечают какие-то дискретные наследственные факторы;*
- 2. Организмы содержат два фактора, определяющих развитие признака;*
- 3. При образовании гамет в каждую из них попадает только один из пары факторов;*
- 4. При слиянии мужской и женской гамет эти наследственные факторы не смешиваются (остаются чистыми).*

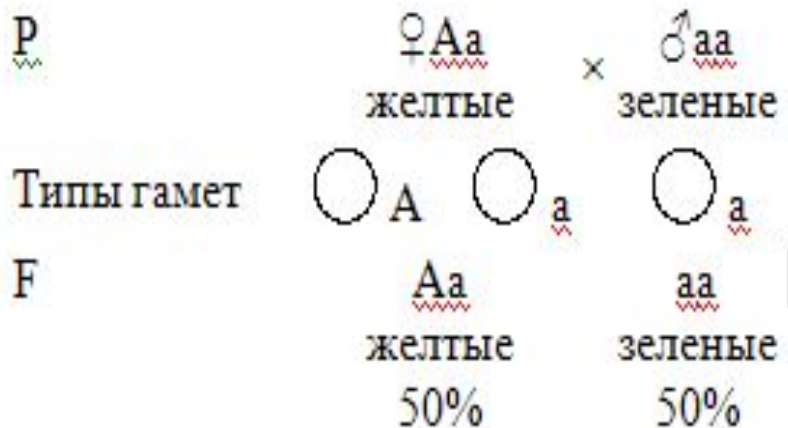
В 1909 году В. Иогансен назовет эти наследственные факторы генами, а в 1912 году Т. Морган покажет, что они находятся в хромосомах.

Анализирующее скрещивание

Для доказательства своих предположений Г. Мендель использовал скрещивание, которое сейчас называют анализирующим (**анализирующее скрещивание** — скрещивание организма, имеющего неизвестный генотип, с организмом, гомозиготным по рецессиву).

Наверное, Мендель рассуждал следующим образом: «Если мои предположения верны, то в результате скрещивания F_1 с сортом, обладающим рецессивным признаком (зелеными горошинами), среди гибридов будут половина горошин зеленого цвета и половина горошин — желтого».

Как видно из приведенной ниже генетической схемы, он действительно получил расщепление 1:1 и убедился в правильности своих предположений и выводов, но современниками он понят не был. Его доклад «Опыты над растительными гибридами», сделанный на заседании Брюннского общества естествоиспытателей, был встречен полным молчанием.



Закон независимого наследования признаков, или третий закон Менделя

Организмы отличаются друг от друга по многим признакам. Поэтому, установив закономерности наследования одной пары признаков, Г. Мендель перешел к изучению наследования двух (и более) пар альтернативных признаков.

Для дигибридного скрещивания Мендель брал гомозиготные растения гороха, отличающиеся по окраске семян (желтые и зеленые) и форме семян (гладкие и морщинистые). Желтая окраска (А) и гладкая форма (В) семян — доминантные признаки, зеленая окраска (а) и морщинистая форма (b) — рецессивные признаки.

Скрещивая растение с желтыми и гладкими семенами с растением с зелеными и морщинистыми семенами, Мендель получил единообразное гибридное поколение F_1 с желтыми и гладкими семенами. От самоопыления 15-ти гибридов первого поколения было получено 556 семян, из них 315 желтых гладких, 101 желтое морщинистое, 108 зеленых гладких и 32 зеленых морщинистых (расщепление 9:3:3:1).

Закон независимого наследования признаков, или третий закон Менделя

Анализируя полученное потомство, Мендель обратил внимание на то, что:

- 1) наряду с сочетаниями признаков исходных сортов (желтые гладкие и зеленые морщинистые семена), при дигибридном скрещивании появляются и новые сочетания признаков (желтые морщинистые и зеленые гладкие семена);
- 2) расщепление по каждому отдельно взятому признаку соответствует расщеплению при моногибридном скрещивании. Из 556 семян 423 были гладкими и 133 морщинистыми (соотношение 3:1), 416 семян имели желтую окраску, а 140 — зеленую (соотношение 3:1). Мендель пришел к выводу, что расщепление по одной паре признаков не связано с расщеплением по другой паре. Для семян гибридов характерны не только сочетания признаков родительских растений (желтые гладкие семена и зеленые морщинистые семена), но и возникновение новых комбинаций признаков (желтые морщинистые семена и зеленые гладкие семена).

Закон независимого наследования признаков, или третий закон Менделя

При скрещивании гомозиготных особей, отличающихся по двум или нескольким парам альтернативных признаков, во втором гибридном поколении наблюдается независимое комбинирование этих признаков, в результате чего получаются новые формы, обладающие несвойственными родителям сочетаниями признаков.

У гибридов второго поколения имеет место расщепление по фенотипу в отношении 9:3:3:1, по генотипу в отношении 4:2:2:2:2:1:1:1:1, признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях.

Закон независимого наследования признаков, или третий закон Менделя

P
♀ AABV
желтые, гладкие

x

♂ aabb
зеленые, морщинистые

Типы гамет

○ AB

○ ab

F₁

AaBb
желтые, гладкие, 100%

P
♀ AaBb
желтые, гладкие

x

♂ AaBb
желтые, гладкие

Закон независимого наследования признаков, или третий закон Менделя

Гаметы: ♂		AB	<u>Ab</u>	<u>aB</u>	<u>ab</u>
♀					
AB	AABB	<u>AABb</u>	<u>AaBB</u>	<u>AaBb</u>	
	желтые гладкие	желтые гладкие	желтые гладкие	желтые гладкие	
<u>Ab</u>	<u>AABb</u>	<u>AAbb</u>	<u>AaBb</u>	<u>Aabb</u>	
	желтые гладкие	желтые морщинистые	желтые гладкие	желтые морщинистые	
<u>aB</u>	<u>AaBB</u>	<u>AaBb</u>	<u>aaBB</u>	<u>aaBb</u>	
	желтые гладкие	желтые гладкие	зеленые гладкие	зеленые гладкие	
<u>ab</u>	<u>AaBb</u>	<u>Aabb</u>	<u>aaBb</u>	<u>aabb</u>	
	желтые гладкие	желтые морщинистые	зеленые гладкие	зеленые морщинистые	

Анализ результатов скрещивания по фенотипу: желтые, гладкие — 9/16, желтые, морщинистые — 3/16, зеленые, гладкие — 3/16, зеленые, морщинистые — 1/16. **Расщепление по фенотипу 9:3:3:1.**

Анализ результатов скрещивания по генотипу: AaBb — 4/16, AABb — 2/16, AaBB — 2/16, Aabb — 2/16, aaBb — 2/16, AABB — 1/16, Aabb — 1/16, aaBB — 1/16, aabb — 1/16.

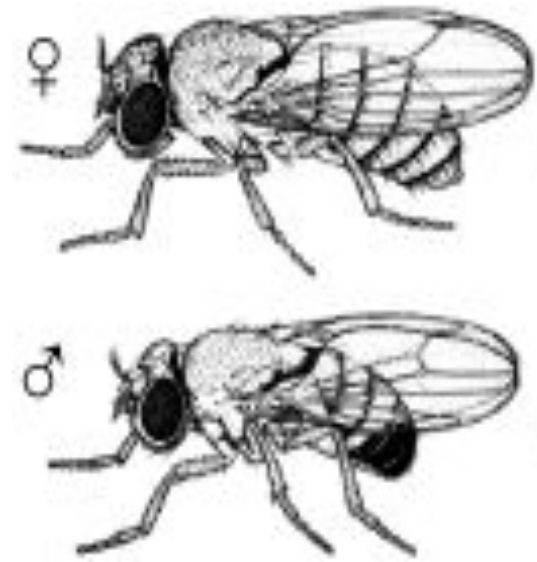
Расщепление по генотипу 4:2:2:2:2:1:1:1:1.

Сцепленное наследование

Каждый организм имеет огромное количество признаков, а число хромосом невелико. Следовательно, каждая хромосома несет не один ген, а целую группу генов, отвечающих за развитие разных признаков.

Изучением наследования признаков, гены которых локализованы в одной хромосоме, занимался **Т. Морган**. Если Мендель проводил свои опыты на горохе, то для Моргана основным объектом стала плодовая мушка дрозофила.

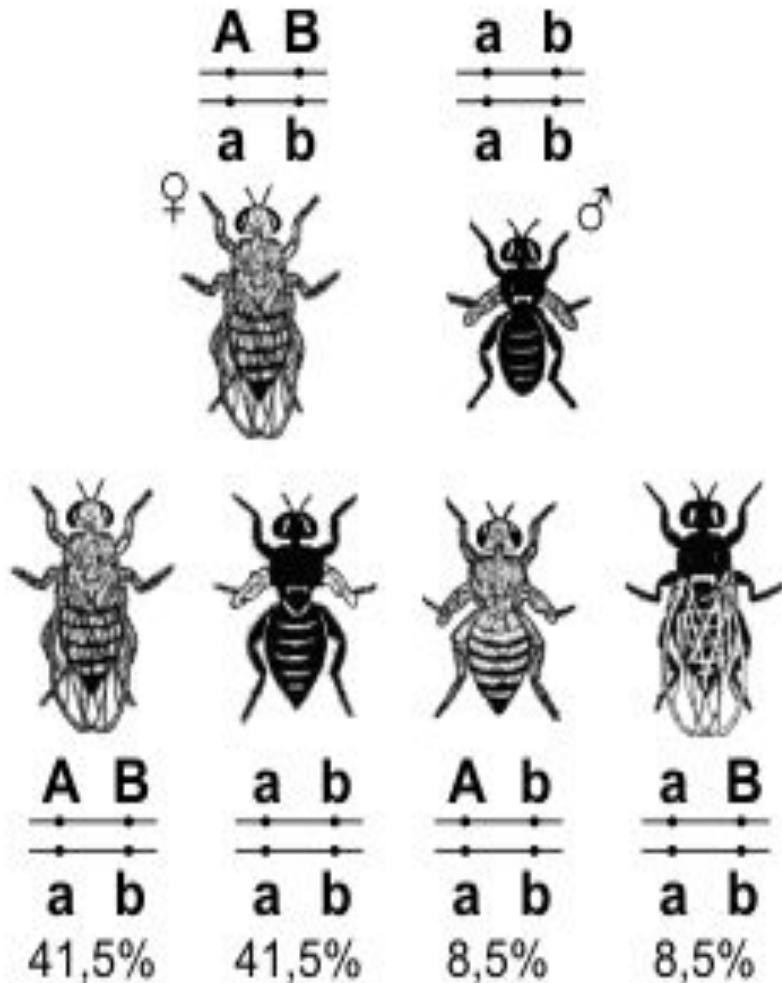
Дрозофила каждые две недели при температуре 25 °С дает многочисленное потомство. Самец и самка внешне хорошо различимы — у самца брюшко меньше и темнее. Они имеют всего 8 хромосом в диплоидном наборе, достаточно легко размножаются в пробирках на недорогой питательной среде.



Сцепленное наследование

Скрещивая мушку дрозофилу с серым телом и нормальными крыльями с мушкой, имеющей темную окраску тела и зачаточные крылья, в первом поколении Морган получал гибриды, имеющие серое тело и нормальные крылья (ген, определяющий серую окраску брюшка, доминирует над темной окраской, а ген, обуславливающий развитие нормальных крыльев, — над геном недоразвитых). При проведении анализирующего скрещивания самки F_1 с самцом, имевшим рецессивные признаки, теоретически ожидалось получить потомство с комбинациями этих признаков в соотношении 1:1:1:1.

Сцепленное наследование



Однако в потомстве явно преобладали особи с признаками родительских форм (41,5% — серые длиннокрылые и 41,5% — черные с зачаточными крыльями), и лишь незначительная часть мушек имела иное, чем у родителей, сочетание признаков (8,5% — черные длиннокрылые и 8,5% — серые с зачаточными крыльями). Такие результаты могли быть получены только в том случае, если гены, отвечающие за окраску тела и форму крыльев, находятся в одной хромосоме.

Сцепленное наследование - наследование признаков, гены которых локализованы в одной хромосоме.

Сила сцепления между генами зависит от расстояния между ними: чем дальше гены располагаются друг от друга, тем выше частота кроссинговера и наоборот.

Полное сцепление — разновидность сцепленного наследования, при которой гены анализируемых признаков располагаются так близко друг к другу, что кроссинговер между ними становится невозможным.

Неполное сцепление — разновидность сцепленного наследования, при которой гены анализируемых признаков располагаются на некотором расстоянии друг от друга, что делает возможным кроссинговер между ними.

Результатом исследований Т. Моргана стало создание им **хромосомной теории наследственности:**

1. Гены располагаются в хромосомах; различные хромосомы содержат неодинаковое число генов; набор генов каждой из негомологичных хромосом уникален;
2. Каждый ген имеет определенное место (локус) в хромосоме; в идентичных локусах гомологичных хромосом находятся аллельные гены;
3. Гены расположены в хромосомах в определенной линейной последовательности;
4. Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно, образуя группу сцепления; число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом и постоянно для каждого вида организмов;
5. Сцепление генов может нарушаться в процессе кроссинговера, что приводит к образованию рекомбинантных хромосом; частота кроссинговера зависит от расстояния между генами: чем больше расстояние, тем больше величина кроссинговера;
6. Каждый вид имеет характерный только для него набор хромосом — кариотип.

Наследование признаков, сцепленных с полом

- У большинства организмов пол определяется во время оплодотворения и зависит от набора хромосом. Такой способ называют хромосомным определением пола.
- У организмов с таким типом определения пола есть аутосомы и половые хромосомы — X и Y .
- У млекопитающих (в т.ч. у человека) женский пол обладает набором половых хромосом- XX , мужской пол —XY . Женский пол называют гомогаметным (образует один тип гамет); а мужской — гетерогаметным (образует два типа гамет).
- У птиц и бабочек гомогаметным полом являются самцы — XX, а гетерогаметным — XY самки .

Наследование признаков, сцепленных с полом

Установлено, что в половых хромосомах находятся гены, отвечающие не только за развитие половых, но и за формирование неполовых признаков (свертываемость крови, цвет зубной эмали, чувствительность к красному и зеленому цвету и т.д.). Наследование неполовых признаков, гены которых локализованы в X- или Y-хромосомах, называют **наследованием, сцепленным с полом**.

У людей мужчина получает X-хромосому от матери, Y-хромосому — от отца. Женщина получает одну X-хромосому от матери, другую X-хромосому от отца. X-хромосома и Y-хромосома имеют не только разные размеры, строение, но и по большей части несут разные наборы генов. В зависимости от генного состава в половых хромосомах человека можно выделить следующие участки:

- 1) негомологичный участок X-хромосомы (с генами, имеющимися только в X-хромосоме);
- 2) гомологичный участок X-хромосомы и Y-хромосомы (с генами, имеющимися как в X-хромосоме, так и в Y-хромосоме);
- 3) негомологичный участок Y-хромосомы (с генами, имеющимися только в Y-хромосоме). В зависимости от локализации гена в свою очередь выделяют следующие типы наследования.

Наследование признаков, сцепленных с полом

В зависимости от локализации гена в свою очередь выделяют следующие типы наследования:

Тип наследования	Локализация генов	Примеры
<u>Х-сцепленный</u> рецессивный	Негомологичный участок X-хромосомы	Гемофилия, разные формы цветовой слепоты (<u>протанопия, дейтеронопия</u>), отсутствие потовых желез, некоторые формы мышечной дистрофии и пр.
<u>Х-сцепленный</u> доминантный	Негомологичный участок X-хромосомы	Коричневый цвет зубной эмали, витамин D устойчивый рахит и пр.
<u>Х-У-сцепленный</u> (частично сцепленный с полом)	Гомологичный участок X- и Y-хромосом	Синдром <u>Альпорта</u> , общая цветная слепота
У-сцепленный	Негомологичный участок Y-хромосомы	<u>Перепопчатость</u> пальцев ног, гипертрихоз края ушной раковины

*Генетика –
прошлое,
настоящее,
будущее*

Прошлое генетики

Открытие законов наследственности.

В 1865 г. австрийский естествоиспытатель Грегор Мендель описал в статье «Опыты над растительными гибридами» два принципиально важных явления, открытых с помощью разработанного им метода генетического анализа.



1. Признаки определяются отдельными наследственными факторами, которые передаются через половые клетки.

2. Отдельные признаки организма при скрещивании не исчезают, а сохраняются в потомстве в том же виде, в каком они были у родительских особей.

Таким образом, был открыт один из важных источников изменчивости, а именно механизм сохранения приспособительных признаков вида в ряду поколений.

Прошлое генетики

1900 - год формального рождения генетики как науки.

Публикация статей де Фриза (Голландия), К. Корренса (Германия), Э. Чермака (Австрия) с изложением основных законов наследования. «Переоткрыты» и стали известны широкой научной общественности исследования Г. Менделя (1856 — 1866 годы) и обнаруженные им закономерности наследования.



Гуго де Фриз

Прошлое генетики

1917 год — открытие Института экспериментальной биологии, созданного Н. К. Кольцовым.

В начале двадцатых годов студенты Д. Ромашов и Н. Тимофеев-Ресовский получают задание испытать на дрозофиле действие рентгеновских лучей.

Прошлое генетики



1922 год - Н. И. Вавилов делает доклад о «Законе гомологических рядов» - о параллелизме в изменчивости родственных групп растений, то есть о генетической близости этих групп.

Прошлое генетики



Г. Меллер

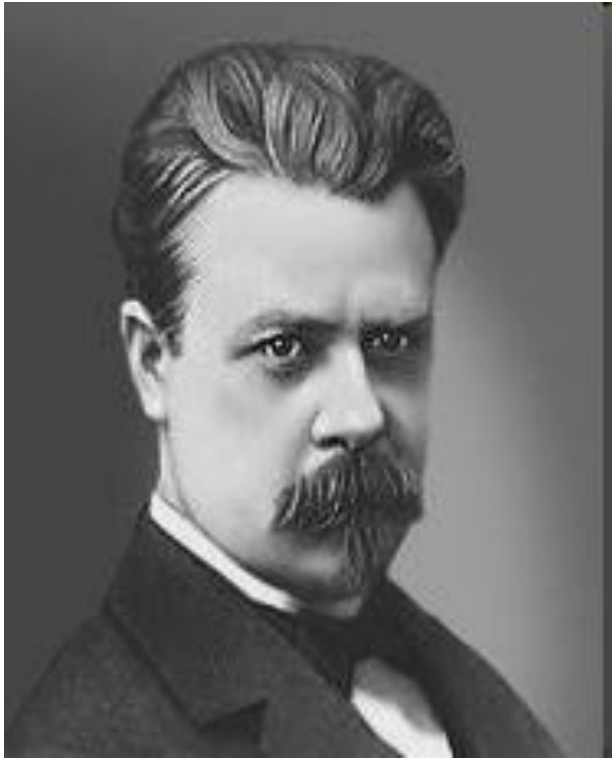
1925 год - Г. А. Надсон, Г. С. Филиппов, Г. Меллер - работы по радиационным методам вызывания мутаций.

Прошлое генетики

- 1926 год - С. С. Четвериков - статьи, заложившие основы популяционной генетики и синтеза генетики и теории эволюции

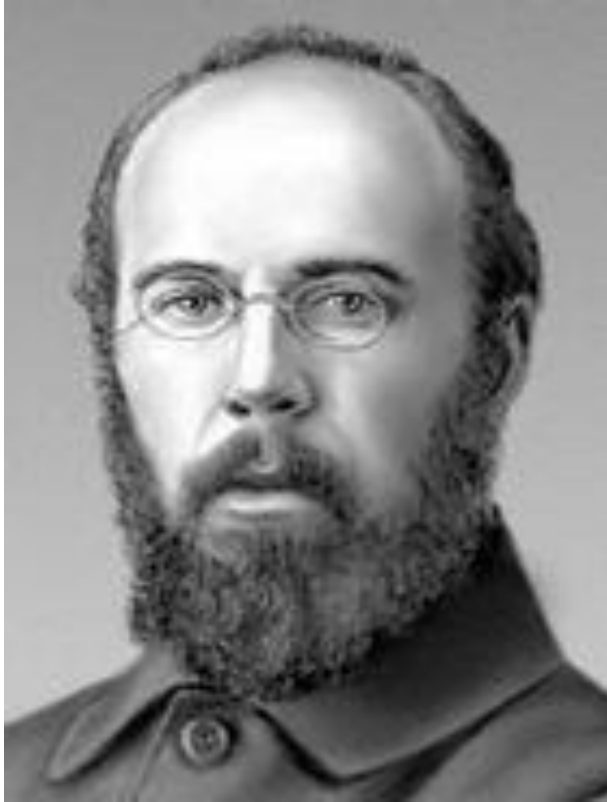


Прошлое генетики



1927 год - Н. К. Кольцов - идея матричного синтеза. Эта идея и сегодня отвечает современным представлениям биологов: «В основе каждой хромосомы лежит тончайшая нить, которая представляет собой спиральный ряд огромных органических молекул — генов. Возможно, вся эта спираль является одной гигантской длины молекулой».

Прошлое генетики



1929 год - А. С. Серебровский - изучение функциональной сложности гена.

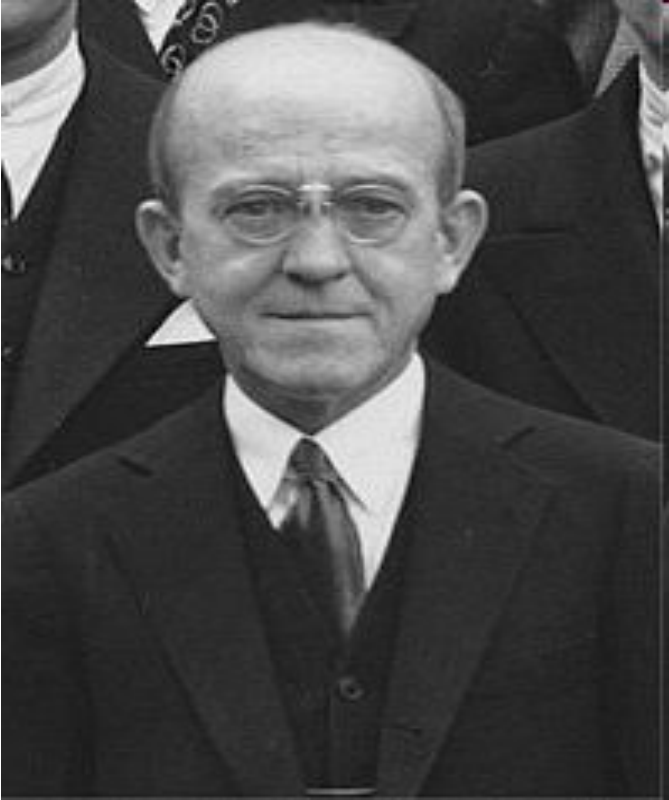
На рубеже 1920—1930-х годов вел понятие генофонда популяции и заложил основы геногеографии .

Прошлое генетики



1934 год - Б. Л. Астауров - успешные опыты по получению у шелкопряда потомства из неоплодотворенных яиц, одно из самых интересных достижений в прикладной генетике того времени.

Прошлое генетики



1943 год — О. Эвери установил, что «веществом гена» является ДНК. Начало «эры ДНК».

Прошлое генетики

1944 год -М. Дельбрюк, С. Лурия, А. Херши - первые исследования по генетике кишечной палочки и ее фагов, после чего эти объекты стали модельными для генетических исследований на многие десятилетия.



М. Дельбрюк



А.Херши



С. Лурия

Прошлое генетики



Расшифровка строения молекулы ДНК. В 1953 г. английский биофизик и генетик Ф. Крик и американский биохимик Дж. Уотсон предложили модель структуры ДНК, которая с тех пор многократно проверялась и была признана правильной как в целом, так и во многих деталях. С этого момента начинается совершенно новый период развития не только генетики, но и всей биологии в целом.

Прошлое генетики

1961 год - М. Ниренберг, Р. Маттей - синтез искусственной белковой цепочки на искусственной затравке.

В работах биохимиков М. Ниренберга, С. Очоа, Х. Кораны начата расшифровка «языка жизни» - кода, которым в ДНК записана информация о структуре белковых молекул.

Прошлое генетики



Баев Александр Александрович

В 1994 году награжден золотой медалью им. В. А. Энгельгардта за цикл работ по молекулярной биологии, генетической инженерии и биотехнологии.

Настоящее генетики



Джон Гёрдон - английский микробиолог, стоящий у истоков клонирования.

В 1970 году исследователь стал культивировать *in vitro* клетки почки, легкого и кожи взрослых животных и использовать эти клетки в качестве доноров ядер.

Настоящее генетики Генная инженерия

В настоящее время используются три основных метода генной инженерии:

1. непосредственное выделение необходимого генетического материала из природных источников (этот метод использовался на ранних этапах развития биотехнологии и используется сейчас для создания банка генов);
2. химический синтез (метод используется для установления нуклеотидной последовательности в молекуле ДНК);
3. получение рекомбинантной ДНК, которая затем встраивается в клетки другого организма.



Настоящее генетики

Трансгенные организмы



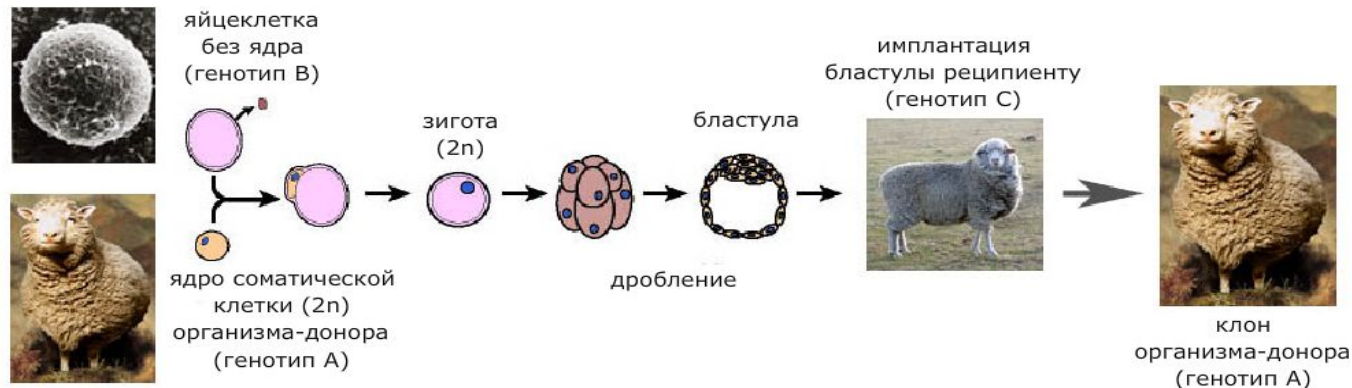
Сторонники ГМО утверждают, что генетически модифицированные вставки разрушаются в желудочно-кишечном тракте человека или животного, а из полученных таким образом составных частей строятся новые, необходимые организму вещества.

По мнению ученых-противников, отдельные молекулы трансгенной ДНК могут попадать из кишечника в клеточное ядро и встраиваться в хромосому, принося с собой собственный генетический материал.

Настоящее генетики.

Клонирование

Клонирование (англ. *clone, cloning* - копирование, греч. *Κλων* - побег, отпрыск) - создание нескольких генетически идентичных организмов путем бесполого размножения (в том числе вегетативного) в лабораторных условиях. Самым известным клонированным животным стала **овечка Долли**. Она появилась на свет в 1997 году и оказалась единственной из 276 зародышей, сумевшей вырасти во взрослое животное. Долли прожила всего шесть лет, и в феврале 2003 года ветеринары, не сумев справиться с серьезной легочной инфекцией, усыпили ее.



Настоящее генетики

Клонирование животных



На сегодняшний день ученые всего мира, помимо овец, уже клонировали мышей, коров, коз, кроликов, кошек, свиней, мулов и собак. Летом 2003 года команда исследователей под руководством Чезаре Галли из лаборатории репродуктивных технологий в Кремоне (Италия) клонировала первого в мире жеребенка.

Настоящее генетики

Клонирование растений



Клонирование растений позволяет получать гомозиготных по всем генам растений и безвирусный посадочный материал; оно обеспечивает быстрое размножение растений в больших масштабах (в том числе редких и исчезающих).

Также можно культивировать на искусственных питательных средах протопласты растений (т. е. клеточное содержимое за исключением оболочки), из которых в некоторых случаях можно регенерировать целые растения.

Клонирование человека запрещено



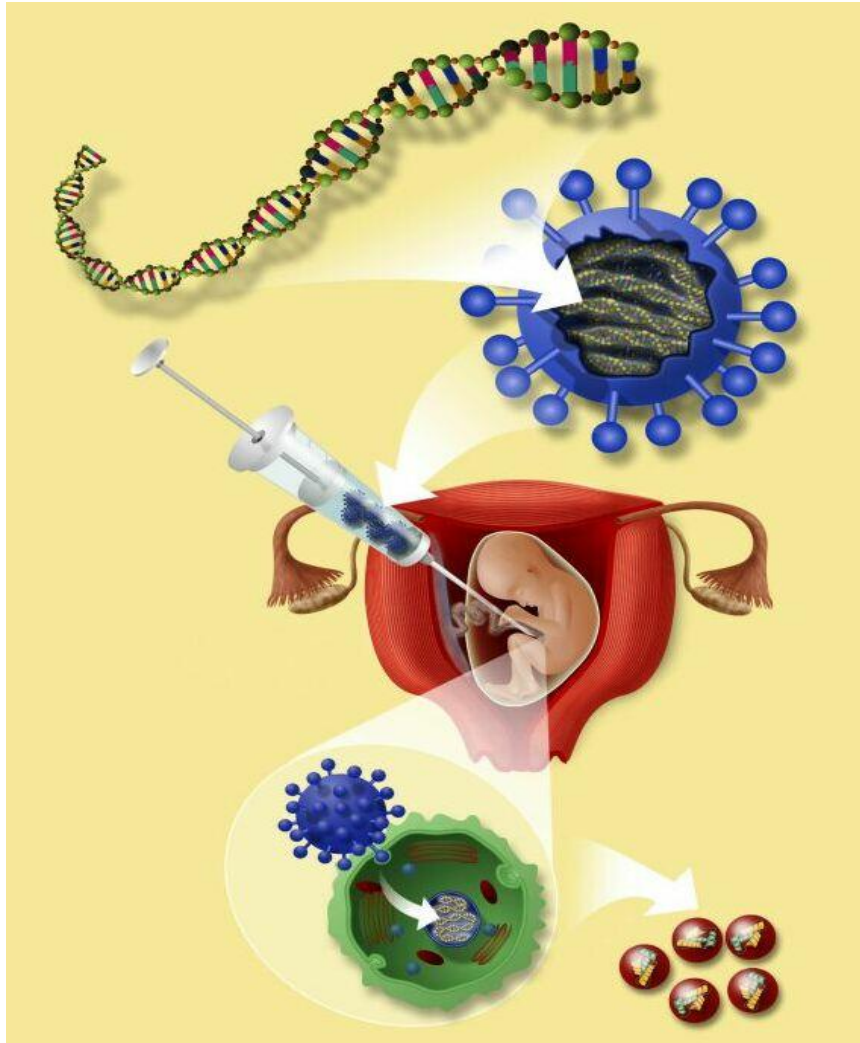
Клонирование человека — возможность создания человеческих существ, на генетическом уровне точно воспроизводящих какого-либо индивида (ныне существующего или ранее существовавшего).

Клонирование человека неоднозначно оценивается как научной, так и широкой общественностью, оно запрещено Конвенцией по правам человека в биомедицине, принятой в 1996 году.

Примером клонов, созданных природой, можно считать полностью идентичных однояйцевых близнецов, которые рождаются в результате обычной беременности.

Будущее генетики

Генотерапия



Генотерапия (генная терапия) — совокупность генноинженерных (биотехнологических) и медицинских методов, направленных на внесение изменений в генетический аппарат соматических клеток человека в целях лечения заболевания. Это новая и бурно развивающаяся область, ориентированная на исправление дефектов, вызванных мутациями в структуре ДНК или придания клеткам новых функций.