

**МИНИСТРЕСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

□ **М.М.АБЕРКУЛОВ, Ш.Б. АМАНТУРДИЕВ, Р.Р.ЭГАМБЕРДИЕВ,  
Ф.Н.ТОРЕЕВ**

# **БИОЛОГИЯ И ГЕНЕТИКА**

**Курс лекций**

**ТАШКЕНТ-2018**

Изучение дисциплины «Биология и генетика» позволит получить необходимые теоретические знания, а также практические навыки. Предлагаемые лекции состоят из 22 тем и охватывают весь курс «Биология и генетика», написаны в соответствии с типовой программой и предназначены для самостоятельного изучения предмета. По отдельным темам предлагаются дополнительные разделы, для более полного освоения предмета необходимо пользоваться литературой по соответствующим разделам.

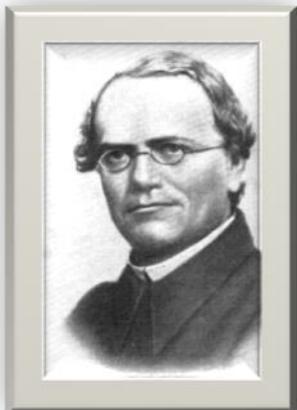
**Составители:** доценты кафедры генетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур – **М.Н.Аберкулов, Ш.Б.Амантурдиев, Р.Р.Эгамбердиев, Ф.Н.Тореев.**

**Рецензенты:** **С.К.Бабаев** – заведующей лабораторией института генетики и экспериментальной биологии растений АН Узбекистана, доктор биологических наук.

**М.С.Рахманкулов** – профессор кафедры генетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур.

Курс лекции было одобрено кафедрой «Генетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур» ТашГАУ с № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2018, учебном-методическим советом факультета агробиологии с № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2018, Учебном-методическим советом ТашГАУ с № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2018.

## МИРОВАЯ И ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ИСТОРИЯ ГЕНЕТИКИ В ЛИЦАХ



**Грегор Иоганн Мендель** (1822-1884) родился в крестьянской семье в маленьком сельском городке Хейнцендорф (Австрийская империя, теперь – Гинчице, Чехия). Интерес к природе он начал проявлять рано, уже мальчишкой работая садовником. Проучившись два года в философских классах института Ольмюца, в 1843 он постригся в монахи Августинского монастыря Св. Фомы в Брюнне (ныне Брно, Чехия) и взял имя Грегор. С 1844 по 1848 г. учился в Брюннском богословском институте. Самостоятельно изучал множество наук, заменял отсутствующих преподавателей греческого языка и математики в одной из школ. Сдавая экзамен на звание преподавателя, получил, как ни странно, неудовлетворительные оценки по биологии и геологии.

В период 1851-1853 годов обучался естественной истории в Венском университете. Будучи в Вене, Мендель заинтересовался процессом гибридизации растений и, в частности, разными типами гибридных потомков и их статистическими соотношениями. Вдохновившись изучением изменений признаков растений, с 1856 по 1863 г. стал проводить опыты на горохе в экспериментальном монастырском саду, и сформулировал законы, объясняющие механизм наследования, известные нам как «Законы Менделя».

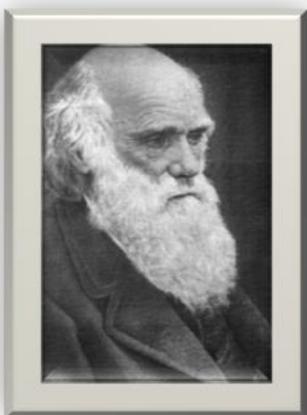
Законы Менделя – принципы передачи наследственных признаков от родительских организмов к их потомкам, послужившие основой для классической генетики и впоследствии объяснённые молекулярными механизмами наследственности. Первый закон – **закон единообразия гибридов первого поколения**: при скрещивании организмов, различающихся по одной паре контрастных признаков, за которые отвечают аллели одного гена, первое поколение гибридов единообразно по фенотипу и генотипу. По фенотипу все гибриды первого поколения характеризуются доминантным признаком, по генотипу всё первое поколение гибридов гетерозиготное. Признак, передавшийся гибридам первого поколения (более сильный, *доминантный*), всегда подавлял другой (*рецессивный*). Этот закон также известен как «закон доминирования признаков». Его формулировка основывается на понятии *чистой линии* относительно исследуемого признака – на современном языке это означает *гомозиготность* особей по этому признаку. В соответствии с законом чистоты гамет в каждую гамету попадает только одна аллель из пары аллелей данного гена родительской особи. Второй закон – **закон расщепления признаков**: при моногибридном скрещивании во втором поколении гибридов наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 3:1; около 3/4 гибридов второго поколения имеют доминантный признак, около 1/4 – рецессивный. Мендель предположил, что при образовании гибридов наследственные факторы не смешиваются, а сохраняются в неизменном виде. У гибрида присутствуют оба фактора – доминантный и рецессивный, но проявление признака определяет

доминантный наследственный фактор, рецессивный же подавляется. При слиянии двух гамет, каждая из которых несёт рецессивный наследственный фактор, будет приводить к образованию организма с рецессивным признаком, проявляющимся фенотипически. Слияние же гамет, каждая из которых несёт доминантный фактор, или же двух гамет, одна из которых содержит доминантный, а другая рецессивный фактор, будет приводить к развитию организма с доминантным признаком. Третий закон – **закон независимого наследования**: каждая пара признаков наследуется независимо от других пар и даёт расщепление 3:1 по каждой паре (как и при моногибридном скрещивании). Менделю попались признаки, гены которых находились в разных парах гомологичных хромосом гороха. При мейозе гомологичные хромосомы разных пар комбинируются в гаметах случайным образом. Если в гамету попала отцовская хромосома первой пары, то с равной вероятностью в эту гамету может попасть как отцовская, так и материнская хромосома второй пары. Поэтому признаки, гены которых находятся в разных парах гомологичных хромосом, комбинируются независимо друг от друга.

8 марта 1865 г. Мендель доложил результаты своих опытов брюннскому Обществу естествоиспытателей, которое в конце следующего года опубликовало конспект его доклада в очередном томе «Трудов Общества...» под названием «Опыты над растительными гибридами». Только в начале XX века, с развитием представлений о генах, была осознана вся важность сделанных им выводов (после того как ряд других учёных независимо друг от друга заново открыли уже выведенные Менделем законы наследования).

(<http://ru.wikipedia.org/wiki/Mendel>;

[http://dic.academic.ru/dic.nsf/dic\\_biology/3228/Менделя\\_законы](http://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_biology/3228/Менделя_законы))



**Чарльз Роберт Дарвин** (1809-1882) родился в семье врача. Во время обучения в университетах Эдинбурга и Кембриджа Дарвин получил глубокие знания в области зоологии, ботаники и геологии, навыки и вкус к полевым исследованиям. Решающим поворотом в его судьбе стало кругосветное путешествие на корабле «Бигль» (1832-1837). По возвращении из плавания Дарвин начинает обдумывать проблему происхождения видов. Через много лет, вспоминая, как возникла его теория, Дарвин напишет: «Вскоре я понял, что краеугольным камнем успехов человека в создании полезных рас животных и растений был отбор». Книга Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора,

или Сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь» вышла в 1859 г., и ее успех превзошел все ожидания. Его идея эволюции встретила страстную поддержку одних учёных и жёсткую критику других. Этот и последующие труды Дарвина «Изменения животных и растений при одомашнивании»,

«Происхождение человека и половой отбор», «Выражение эмоций у человека и животных» немедленно после выхода переводились на многие языки.

Сущность дарвиновской концепции эволюции сводится к ряду логичных, проверяемых в эксперименте и подтвержденных огромным количеством фактических данных положений:

1. Все живые организмы размножаются в геометрической прогрессии.

2. В пределах каждого вида живых организмов существует огромный размах индивидуальной наследственной изменчивости по морфологическим, физиологическим, поведенческим и любым другим признакам. Эта изменчивость может иметь непрерывный, количественный, или прерывистый качественный характер, но она существует всегда.

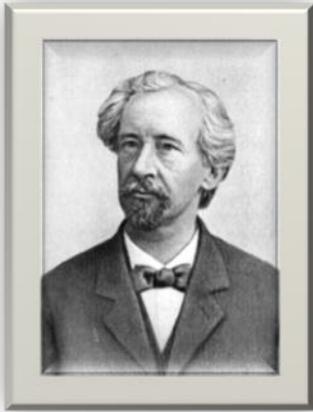
3. Жизненные ресурсы для любого вида живых организмов ограничены, и поэтому должна возникать борьба за существование либо между особями одного вида, либо между особями разных видов, либо с природными условиями. В понятие «борьба за существование» Дарвин включил не только собственно борьбу особи за жизнь, но и борьбу за успех в размножении.

4. В условиях борьбы за существование выживают и дают потомство наиболее приспособленные особи, имеющие те отклонения, которые случайно оказались адаптивными к данным условиям среды. Это принципиально важный момент в аргументации Дарвина. Отклонения возникают не направленно – в ответ на действие среды, а случайно. Немногие из них оказываются полезными в конкретных условиях. Потомки выжившей особи, которые наследуют полезное отклонение, позволившее выжить их предку, оказываются более приспособленными к данной среде, чем другие представители популяции.

5. Выживание и преимущественное размножение приспособленных особей Дарвин назвал естественным отбором.

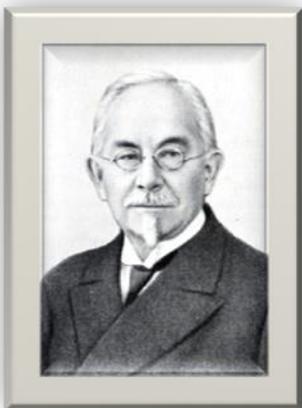
6. Естественный отбор отдельных изолированных разновидностей в разных условиях существования постепенно ведет к дивергенции (расхождению) признаков этих разновидностей и, в конечном счете, к видообразованию.

На этих постулатах, безупречных с точки зрения логики и подкрепленных огромным количеством фактов, была создана современная теория эволюции. Главная заслуга Дарвина в том, что он установил механизм эволюции, объясняющий как многообразие живых существ, так и их изумительную целесообразность, приспособленность к условиям существования. Этот механизм – постепенный естественный отбор случайных ненаправленных наследственных изменений. (<http://evolution2.narod.ru/evo03.htm>)



**Гуго Де Фриз** (1848-1935) – голландский ботаник, генетик. Получил образование в Лейденском университете, с 1866 года изучая там ботанику и защитив в 1870 году дипломную работу о влиянии тепла на корни растений, несколько месяцев слушал лекции по химии и физике в Гейдельбергском университете. В 1878-1918 годах был профессором Амстердамского университета, а также директором ботанического сада. После этого работал в Люнтерне в своём имении. В 1877 году впервые измерил осмотическое давление у растений, ввёл понятия плазмолиз и деплазмолиз. Был одним из учёных, переоткрывших в 1900 году законы Грегора Менделя. Пришёл к выводу, что вид может

распадаться на различные виды. Это явление Де Фриз назвал мутациями, считая что биологические виды время от времени находятся в фазе мутирования. Разработал мутационную теорию. Де Фриз пришёл к убеждению, что новые виды не возникают путём постепенного накопления непрерывных флюктуационных изменений, как считали дарвинисты, а путем внезапного появления резких изменений, превращающих сразу один вид в другой. Уже и раньше подобные мысли высказывал русский ботаник С. И. Коржинский, однако он не подкрепил своих взглядов столь обильным фактическим материалом, как де Фриз. Появление этих внезапных изменений, преобразующих один вид в другой, де Фриз назвал *мутацией*. ([http://ru.wikipedia.org/wiki/De\\_Vries](http://ru.wikipedia.org/wiki/De_Vries))



**Вильгельм Людвиг Иоганнсен** (1857-1927, Дания). В. Иоганнсен был одним из тех, кто заложил основы современной генетики. Мировую известность приобрели работы Иоганнсена по изменчивости и наследственности. В 1903 г. вышел его труд «Uber Erbllichkeit in Populationen und reinen Linien» (Jena). В этом труде Иоганнсен излагает результаты своих работ по изменчивости величины бобов и фасоли; эти работы, ставшие классическими, положили основание современному учению об изменчивости и изучению наследования количественных признаков. Иоганнсен изучил изменчивость величины бобов в смешанной гетерогенной популяции фасоли, а затем путем отбора и самоопыления вывел от единичных

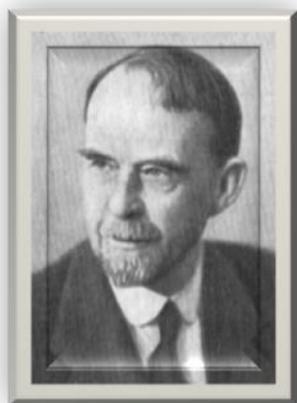
исходных экземпляров из этой популяции ряд наследственно-гомогенных линий, названных им «чистыми линиями», и их также подверг анализу. При этом выяснилось следующее. В смешанной популяции размах изменчивости больше, чем в отдельных наследственно-гомогенных линиях. В популяции

отбор оказывается действительным: если в качестве производителей брать наиболее крупные экземпляры, то можно сдвинуть среднюю величину потомства в плюс-сторону, и наоборот – беря производителями мелкие экземпляры, можно понизить среднюю величину потомства. Внутри же отдельной «чистой линии» изменчивость хотя и остается, но не поддаётся уже отбору: средняя величина потомства, полученного от наиболее крупных и наиболее мелких бобов, оказывается одинаковой. Из этих опытов, произведённых на большом материале, подвергнувшись точной биометрической обработке, вытекают следующие положения.

1. Отбор действует только в смешанных наследственно-гетерогенных населенных (популяциях); если же путем самоопыления или повторных близкородственных скрещиваний и отбора получится наследственно однородный материал, то остающаяся все же в нем изменчивость отбору уже не поддаётся, и признак оказывается наследственно стойким; природная популяция является обычно смесью таких «чистых линий», или «биотипов».
2. Изменчивость может быть наследственной и ненаследственной (флюктуирующей).

Работы Иоганнсена имели громадное теоретическое и практическое значение, т. к. его выводы внесли много ясности в представление об изменчивости и о значении отбора, а метод «чистых линий» оказался необычайно плодотворным в практической селекции культурных растений. Кроме того Иоганнсенем дано изложение явлений изменчивости и наследственности и методов генетической работы, введены понятия «ген», «генотип» и «фенотип».

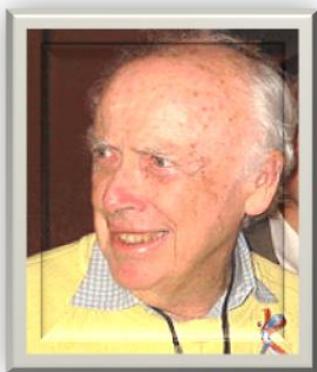
<http://www.darwin.museum.ru/expos/livenature/person.asp?iogannsen:http://biomed.ru/article/BD>



**Томас Хант Морган** (1866-1945) – американский биолог, один из основоположников генетики. Томас Морган и его ученики (Г. Дж. Меллер, А. Г. Стертевант и др.) обосновали хромосомную теорию наследственности; установленные закономерности расположения генов в хромосомах способствовали выяснению цитологических механизмов законов Грегора Менделя и разработке генетических основ теории естественного отбора.

***Хромосомная теория наследственности*** – теория, согласно которой хромосомы, заключённые в ядре клетки, являются носителями генов и представляют собой материальную основу наследственности, то есть преемственность свойств организмов в ряду поколений определяется преемственностью их хромосом. Анализ явлений сцепленного наследования, кроссинговера, сравнение генетической и цитологической карт позволяют сформулировать следующие основные положения хромосомной теории наследственности.

- Каждый биологический вид характеризуется определенным набором хромосом – кариотипом.
- Гены локализованы в хромосомах. При этом различные хромосомы содержат неодинаковое число генов. Набор генов каждой из негомологичных хромосом уникален.
- Гены расположены в хромосоме в линейной последовательности.
- Аллельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах.
- Гены одной хромосомы образуют группу сцепления, то есть наследуются преимущественно сцепленно (совместно), благодаря чему происходит сцепленное наследование некоторых признаков. Число групп сцепления равно гаплоидному числу хромосом данного вида (у гомогаметного пола) или больше на 1 (у гетерогаметного пола).
- Сцепление нарушается в результате кроссинговера, частота которого прямо пропорциональна расстоянию между генами в хромосоме (поэтому сила сцепления находится в обратной зависимости от расстояния между генами). ([http://ru.wikipedia.org/wiki/Морган\\_Т.](http://ru.wikipedia.org/wiki/Морган_Т.))



**Джеймс Дьюи Уотсон** – американский биолог. Родился 6 апреля 1928 г. в Чикаго штата Иллинойс (США). За открытие структуры молекулы ДНК совместно с Фрэнсисом Криком и Морисом Х. Ф. Уилкинсом признан в 1962 г. Лауреатом Нобелевской премии по физиологии и медицине. С детства Джеймс был очарован наблюдениями за жизнью птиц, но Уотсон изменил свои профессиональные интересы с изучения орнитологии на изучение генетики. В 1947 году получил степень бакалавра зоологии в университете Чикаго. В 1951 году

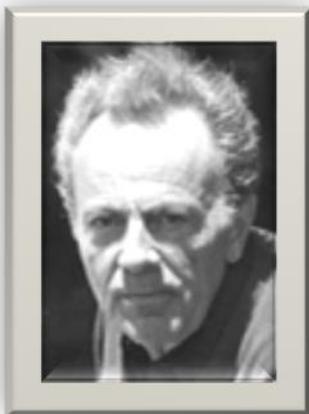
поступил в Кавендишскую лабораторию Кембриджского университета, где изучал структуру белков. Там познакомился с физиком Фрэнсисом Криком, который интересовался биологией. В 1952 году Уотсон и Крик стали работать над моделированием структуры ДНК. Используя Правила Чаргаффа и рентгенограммы Розалинды Франклин и Мориса Уилкинса построили двухспиральную модель. Результаты работы опубликовали в апреле 1953 года в журнале Nature. 25 лет руководил научным институтом Колд Спринг Харбор, где вел исследования генетики рака. С 1989 года по 1992 год – организатор и руководитель проекта «Геном человека» по расшифровке последовательности человеческой ДНК. Сейчас работает над поиском генов психических заболеваний. ([http://ru.wikipedia.org/wiki/Джеймс\\_Уотсон](http://ru.wikipedia.org/wiki/Джеймс_Уотсон))



**Фрэнсис Крик** (1916-2004) – британский молекулярный биолог, врач и нейробиолог. Является соавтором открытия структуры молекулы ДНК. Также Крик известен тем, что сформулировал центральную догму молекулярной биологии – обобщающее наблюдаемое в природе правило реализации генетической информации: информация передаётся от нуклеиновых кислот к белку, но не в обратном направлении. Правило было сформулировано в 1958 году и приведено в

соответствие с накопившимися к тому времени данными в 1970 году. Переход генетической информации от ДНК к РНК и от РНК к белку является универсальным для всех без исключения клеточных организмов, лежит в основе биосинтеза макромолекул. Репликации генома соответствует информационный переход ДНК → ДНК. В природе встречаются также переходы РНК → РНК и РНК → ДНК (например у некоторых вирусов), а также изменение конформации белков, передаваемое от молекулы к молекуле. В статье, опубликованной в журнале Nature в 1961 году, Крик с соавторами предположили четыре свойства генетического кода:

- 1) три азотистых основания (триплет) кодируют одну аминокислоту;
- 2) триплеты генетического кода не перекрываются;
- 3) последовательности триплетов считываются с определенной начальной точки, знаки препинания внутри кодирующей последовательности отсутствуют;
- 4) генетический код вырожден – одна аминокислота может быть закодирована разными триплетами. ([http://ru.wikipedia.org/wiki/Фрэнсис\\_Крик](http://ru.wikipedia.org/wiki/Фрэнсис_Крик))



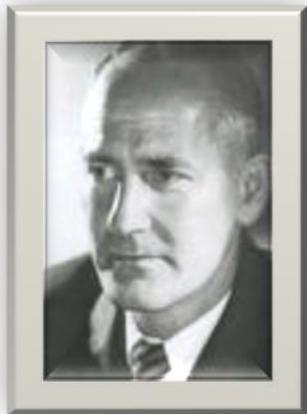
**Франсуа Жакоб** – французский микробиолог и генетик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине в 1965 году (совместно с Андре Львовым и Жаком Моно) "за открытия, касающиеся генетического контроля синтеза ферментов и вирусов». Родился 17 июня 1920 (Нанси, Франция) в семье торговца. По окончании местной начальной школы он поступил в парижский лицей Карно. Мечтая стать хирургом, после окончания лицея поступил в Парижский университет (Сорбонну), однако в 1940 г. немецкая армия оккупировала Францию, и его учеба была прервана. Участвовал в боях второй мировой войны в качестве офицера медицинской службы в

Северной Африке, а затем в составе 2-й танковой дивизии Соединенных Штатов в Нормандии. В Африке и Нормандии он получил тяжелые ранения рук, помешавшие ему стать хирургом. После окончания войны вернулся в

Сорбонну и в 1947 г. получил медицинский диплом. Продолжая учебу, Жакоб в 1950 г. стал работать ассистентом в Пастеровском институте под руководством Андре Львова. Исследование лизогенных бактерий и профагов легло в основу докторской диссертации Жакоба, которую он защитил в Парижском университете в 1954 г., получив докторскую степень. В течение следующих 10 лет он изучал клеточные генетические механизмы у бактерий. В конце 50-х гг. Ф. Жакоб и Жак Моно открыли одну из трех разновидностей РНК – информационную РНК. Кроме того, Жакоб и Моно обнаружили, что в ДНК содержатся два различных типа генов – структурные и регуляторные. Структурные гены отвечают за передачу генетического кода от одного поколения клеток к другому, а также управляют синтезом белков. Регуляторные гены взаимодействуют со структурными и регулируют все биохимические процессы в клетке, позволяя ей тем самым приспосабливаться к изменениям окружающей среды, например к изменениям количества и качества поступающих в неё питательных веществ. Если околклеточная среда стабильна, регуляторные гены тормозят (репрессируют) структурные. Если же состояние окружающей среды изменяется, структурные гены активируются и тем самым способствуют адаптации клетки к новым условиям. Жакоб и Моно назвали совокупность структурных и регуляторных генов опероном, а ген, отвечающий за репрессию и активацию, – геном-оператором.

([http://www.krugosvet.ru/enc/medicina/ZHAKOB\\_FRANSUA.html](http://www.krugosvet.ru/enc/medicina/ZHAKOB_FRANSUA.html);

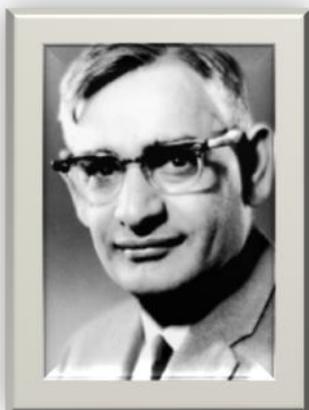
<http://n-t.ru/nl/mf/jacob.htm>)



**Моно, Жак Люсьен (1910-1976)** – французский биохимик и микробиолог, удостоенный в 1965 г. Нобелевской премии по физиологии и медицине (совместно с А.М. Львовым и Ф. Жакобом) за исследование процессов синтеза белка. Родился 9 февраля 1910 г. в Париже. В 1934 г. окончил Парижский университет, где затем работал до 1945 г. В 1941 г. получил степень доктора философии. С 1945 г. – заведующий лабораторией физиологии микроорганизмов, с 1953 г. – руководитель отдела биохимии клетки Пастеровского института в Париже, с 1971 г. – директор этого института. Одновременно в 1959–1967 гг. – профессор Парижского университета, в 1967-1972 гг. – профессор Коллеж де Франс. Основные труды Моно посвящены изучению роста бактерий, индукции и репрессии ферментов, исследованию механизма регуляции синтеза белка у бактерий. Он разработал метод непрерывного культивирования бактерий. В 1961 г. высказал гипотезу о переносе генетической информации с ДНК на рибосомы при участии особой РНК – информационной (матричной; мРНК) и о переводе информации с языка нуклеотидов на язык аминокислот (синтез белка). Вместе с Ф. Жакобом сформулировал концепцию оперона – генного комплекса, детерминирующего синтез определенных белков (например, ферментов, участвующих в биосинтезе

какого-либо метаболита). В своей широко известной биологической и философской работе «Случайность и необходимость» (1970) Моно, основываясь на последних открытиях в области биохимии, утверждал, что все формы жизни – это результат случайных мутаций (случайность) и дарвиновского отбора (необходимость).

([http://ru.wikipedia.org/wiki/Жак\\_Моно](http://ru.wikipedia.org/wiki/Жак_Моно); [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_colier/3966/МОНО](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/3966/МОНО))



**Корана** (Khorana), Хар Гобинд (р. 1922) – индийско-американский биофизик, Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине 1968 г. (совместно с Робертом Уильямом Холли и Маршаллом Ниренбергом).

Родился в Райпуре, маленькой деревушке в штате Пенджаб (в настоящее время западная часть Пакистана). Его отец был сборщиком сельскохозяйственных налогов. Семья была крайне бедна, но отец постарался дать детям самое лучшее образование, которое можно было получить в тех условиях. Они были чуть ли не единственными грамотными людьми в деревеньке, население которой насчитывало не более 100 человек. Огромное влияние на мировоззрение

мальчика оказал его школьный учитель. После окончания школы будущий Нобелевский лауреат поступил в университет Лахоре в Пенджабе. В 1943 г. получил степень бакалавра, а в 1945 г. степень магистра. Позже Хар Гобинд Корана с благодарностью не раз вспоминал своего преподавателя и экспериментатора Махана Сингха.

В том же 1945 г. он получил государственную стипендию, что позволило поехать в Англию, в Ливерпульский университет. В университете он изучал органическую химию, и в 1948 г. защитил докторскую диссертацию. После защиты диссертации уехал в Цюрих, где в течение года работал в Цюрихском Федеральном Технологическом институте бок о бок с профессором Владимиром Прелогом. Зимой 1949 г. Корана вернулся в Индию, но через несколько месяцев опять уехал в Англию на этот раз работать в Кембриджском университете. Именно в этот период он начал интересоваться биохимией протеинов (протеин – белок, состоящий только из остатков аминокислот) и нуклеиновых кислот (нуклеиновые кислоты полинуклеотиды, важнейшие биологически активные биополимеры; содержатся в каждой клетке всех организмов) – высокомолекулярных органических соединений, содержащихся в ядрах клеток.

В 1960 г. он занял руководящую должность в Институте исследования энзимов Висконсинского университета. В 1963 г. был назначен на должность редактора «Журнала Американского химического общества» («Journal of the American Chemical Society»). В 1964 г. стал профессором биологии в Висконсинском университете. Главной темой его исследований становится биохимия нуклеиновых кислот, природа генов и биосинтез клеточных белков.

Нуклеиновые кислоты были открыты еще в конце 19 в., а в первой половине 20 в. учёным удалось выделить две основные нуклеиновые кислоты: рибонуклеиновую кислоту (РНК) (рибонуклеиновые кислоты – тип нуклеиновых кислот; высокомолекулярные органические соединения, образованные нуклеотидами, в которые входят: аденин, гуанин, цитозин, урацил и сахар рибоза; в клетках всех живых организмов РНК участвуют в реализации генетической информации) и дезоксирибонуклеиновую кислоту (ДНК) (дезоксирибонуклеиновая кислота – высокополимерное природное соединение, содержащееся в ядрах клеток живых организмов).

В 1953 г. учёным удалось определить двойную спиральную структуру ДНК. Была построена пространственная модель молекулы ДНК. Спираль ДНК состоит из двух цепей нуклеотидов, соединенных парами оснований. Последовательность соединения оснований и формирует генетический код ДНК.

В свою очередь РНК тоже состоит из нуклеотидов. Существуют три вида РНК: информационная, рибосомальная и транспортная. Задача информационной РНК скопировать генетический код с ДНК в ядре клетки и перенести скопированный генетический код для синтеза белка к рибосомам. Задача транспортной РНК транспортировка аминокислот к рибосомам, причем захват определенной аминокислоты происходит в соответствии с нуклеотидным кодом транспортной РНК.

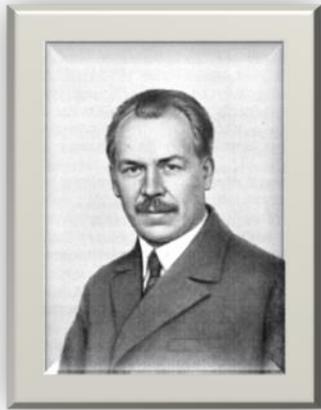
В начале 1960-х годов Маршаллу У. Ниренбергу удалось открыть основной триплетный код (триплетный код система, состоящая из трех азотистых оснований, которая определяет местоположение аминокислоты в молекуле белка при его синтезе) для аминокислоты фенилаланина. Приблизительно в это же время Корана занялся расшифровкой генетического кода. ДНК кодирует 20 аминокислот, а количество возможных разновидностей триплетов, образованных четырьмя нуклеотидами с различными основаниями, составляет  $4 \cdot 4 \cdot 4 = 64$ . Опираясь на исследования Ниренберга, Корана провел серию опытов, в результате которых смог определить последовательность нуклеотидов в триплетах, кодирующую каждую из 20 аминокислот. Неожиданно выяснилось, что некоторым аминокислотам соответствует не один триплет. Учёным удалось синтезировать цепи ДНК и РНК, и выявить триплеты, служащие сигналом к началу и концу биосинтеза специфического белка.

Им удалось установить, что транспортная РНК имеет две структуры, первичную и вторичную. Первичная структура представляет собой последовательность оснований в нуклеотидной цепи, а биологически активная вторичная структура показывает, в каких местах витки спирали РНК контактируют друг с другом. Вторичная структура внешне напоминает трехлепестковый цветок клевера. Последовательность нуклеотидов в среднем звене дополняет последовательность аналогичной структуры в информационной РНК. Именно это обеспечивает правильное расположение аминокислот в составе белка.

В 1968 г. Хар Гобинд Корана (совместно с Робертом Уильямом Холли и Маршаллом Ниренбергом) был удостоен Нобелевской премии по физиологии и медицине «за расшифровку генетического кода и его роли в синтезе белка».

([http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/1968/khorana-bio.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1968/khorana-bio.html);

[http://www.krugosvet.ru/enc/nauka\\_i\\_tehnika/biologiya/KORANA\\_HAR\\_GOBIND.html](http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/biologiya/KORANA_HAR_GOBIND.html))



**Вавилов Николай Иванович** (1887-1943) – российский и советский учёный-генетик, ботаник, селекционер, географ, академик АН СССР, АН УССР и ВАСХНИЛ. Президент (1929-1935), вице-президент (1935-1940) ВАСХНИЛ, президент Всесоюзного географического общества (1931-1940), основатель (1920) и бессменный до момента ареста директор Всесоюзного института растениеводства (1930-1940), директор Института генетики АН СССР (1930-1940), член Экспедиционной комиссии АН СССР, член коллегии Наркомзема СССР, член президиума Всесоюзной ассоциации востоковедения. В 1926-

1935 годах член Центрального исполнительного комитета СССР, в 1927-1929 – член Всероссийского Центрального Исполнительного Комитета.

В 1906 г. после окончания Московского коммерческого училища Вавилов поступил в Московский сельскохозяйственный институт (бывшая Петровская, ныне Тимирязевская сельскохозяйственная академия), который окончил в 1911 году. Будучи студентом, начал заниматься научной работой. В 1908 году провел географо-ботанические исследования на Северном Кавказе и Закавказье. К 100-летию Дарвина выступил с докладом «Дарвинизм и экспериментальная морфология» (1909), а в 1910 г. опубликовал дипломную работу «Голые слизни (улитки), повреждающие поля и огороды в Московской губернии», за которую получил премию Московского политехнического музея. После окончания института был оставлен Д.Н. Прянишниковым при кафедре частного земледелия для подготовки к званию профессора. В 1911-1912 гг. Вавилов преподавал на Голицынских женских высших сельскохозяйственных курсах (Москва). В 1912 г. опубликовал работу о связи агрономии с генетикой, где одним из первых в мире предложил программу использования достижений генетики для улучшения культурных растений. В эти же годы Вавилов занялся проблемой устойчивости видов и сортов пшеницы к болезням.

В 1913 г. он был командирован в Англию, Францию и Германию для завершения образования. Большую часть командировки, прерванной в 1914 г. началом Первой мировой войны, Вавилов провел в Англии, слушая лекции в Кембриджском университете и проводя экспериментальную работу по иммунитету растений в Мертоне, близ Лондона под руководством Уильяма Бэтсона, одного из основоположников генетики. В Англии он несколько месяцев провел также в генетических лабораториях, в частности у известного

генетика Р. Пеннета. Вернувшись в Москву, продолжил свою работу по иммунитету растений на селекционной станции Московского сельскохозяйственного института.

В 1917 г. Вавилов был избран профессором агрономического факультета Саратовского университета, вскоре выделившегося в Саратовский сельскохозяйственный институт, где Николай Иванович стал заведовать кафедрой частного земледелия и селекции. В Саратове Вавилов развернул полевые исследования ряда сельскохозяйственных культур и закончил работу над монографией «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям», опубликованной в 1919 г., в которой обобщил свои исследования, выполненные ранее в Москве и в Англии. В Саратове начала создаваться вавиловская школа исследователей ботаников-растениеводов-генетиков и селекционеров. Там же Вавилов организовал и провел экспедицию по обследованию видового и сортового состава полевых культур Юго-Востока Европейской части РСФСР – Поволжья и Заволжья. Результаты экспедиции были изложены в монографии «Полевые культуры Юго-Востока», изданной в 1922 г. На Всероссийском селекционном съезде в Саратове (1920) Вавилов выступил с докладом «Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости». Согласно этому закону генетически близкие виды растений характеризуются параллельными и тождественными рядами признаков; тождество в рядах наследственной изменчивости проявляют и близкие роды и даже семейства. Закон вскрыл важную закономерность эволюции: у близких видов и родов возникают сходные наследственные изменения. Используя этот закон, по ряду признаков и свойств одного вида или рода можно предвидеть наличие сходных форм и у другого вида или рода. Закон гомологических рядов облегчает селекционерам поиск новых исходных форм для скрещивания и отбора.

Первые заграничные экспедиции Вавилов организовал и провел в Персию (Иран) и Туркестан, Горный Таджикистан (Памир), где многократно рискуя жизнью, собрал в труднодоступных местах неизвестные ранее формы пшениц, ячменей, ржи (1916). Здесь он впервые заинтересовался проблемой происхождения культурных растений. В 1921-1922 гг. Вавилов знакомится с сельским хозяйством обширных областей США и Канады. В 1924 г. Вавилов совершил труднейшую, продолжавшуюся пять месяцев, экспедицию в Афганистан, подробно исследовав культурные растения и собрав большой общегеографический материал. За эту экспедицию Географическое общество СССР наградило Вавилова золотой медалью им. Пржевальского («за географический подвиг»). Результаты экспедиции обобщены в книге «Земледельческий Афганистан» (1929). В 1926-1927 гг. Вавилов организовал и провел длительную экспедицию в страны Средиземноморья: Алжир, Тунис, Марокко, Египет, Сирию, Палестину, Трансиорданию, Грецию, острова Крит и Кипр, Италию (включая Сицилию и Сардинию), Испанию и Португалию, Сомали, Эфиопию и Эритрею. В 1929 г. Вавилов совершил экспедицию в Западный Китай (Синьцзян), в Японию, Корею, на остров Формоза (Тайвань). В 1930 г. – в Северную Америку (США) и Канаду, Центральную Америку, Мексику. В 1932-1933 – в Гватемалу, Кубу, Перу, Боливию, Чили, Бразилию,

Аргентину, Эквадор, Уругвай, Тринидад, Пуэрто-Рико. Советские экспедиции при его участии и/или руководстве открыли новые виды дикого и культурного картофеля, устойчивые к заболеваниям, что было эффективно использовано селекционерами СССР и других стран. В перечисленных странах Вавилов проводил также важные исследования по истории мирового земледелия. В результате изучения видов и сортов растений, собранных в странах Европы, Азии, Африки, Северной, Центральной и Южной Америки, Вавилов установил очаги формирования, или центры происхождения и разнообразия культурных растений. Эти центры часто называются центрами генетического разнообразия или Вавиловскими центрами. Работа «Центры происхождения культурных растений» была впервые опубликована в 1926 г. Согласно Вавилову, культурная флора возникла и формировалась в относительно немногих очагах, обычно расположенных в горных местностях. Вавилов выделил следующие семь первичных центров.

1. **Южно-Азиатский** тропический центр (тропическая Индия, Индокитай, Южный Китай и острова Юго-Восточной Азии), давший человечеству рис, сахарный тростник, азиатские сорта хлопчатника, огурцы, лимон, апельсин, большое количество других тропических плодовых и овощных культур.
2. **Восточно-Азиатский** центр (Центральный и Восточный Китай, остров Тайвань, Корея, Япония). Родина сои, проса, чайного куста, многих овощных и плодовых культур.
3. **Юго-Западноазиатский** центр (Малая Азия, Иран, Афганистан, Средняя Азия, Северо-Западная Индия), откуда произошли мягкая пшеница, рожь, зернобобовые, дыня, яблоня, гранат, инжир, виноград, многие другие плодовые.
4. **Средиземноморский** центр – родина нескольких видов пшениц, овсов, маслин, многих овощных и кормовых культур, таких как капуста, свекла, морковь, чеснок и лук, редька.
5. **Абиссинский, или Эфиопский**, центр – выделяется разнообразием форм пшеницы и ячменя, родина кофейного дерева, сорго и др.
6. **Центрально-Американский** центр (Южная Мексика, Центральная Америка, острова Вест-Индии), давший кукурузу, фасоль, хлопчатник упланд (длинноволокнистый), овощной перец, какао и др.
7. **Андийский** центр (горные области Южной Америки) – родина картофеля, табака, томата, каучукового дерева и других.

Теория центров происхождения культурных растений помогла Вавилову и его сотрудникам собрать крупнейшую в мире мировую коллекцию семян культурных растений, насчитывающую к 1940 г. 250 тысяч образцов (36 тыс. образцов пшеницы, 10022 – кукурузы, 23636 – зернобобовых и т. д.). С использованием коллекции селекционерами было выведено свыше 450 сортов сельскохозяйственных растений. Мировая коллекция семян культурных растений, собранная Вавиловым, его сотрудниками и последователями, служит делу сохранения на земном шаре генетических ресурсов полезных растений.

Вавилов был крупным организатором советской науки. Под его руководством (с 1920 г.) сравнительно небольшое научное учреждение – Бюро

по прикладной ботанике – было превращено в 1924 г. во Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур, а в 1930 г. в большой научный центр – Всесоюзный институт растениеводства (ВИР), насчитывавший тринадцать крупных отделений и опытных станций в разных пунктах СССР. ВИР, которым Вавилов руководил до августа 1940, был научным центром по разработке теории селекции растений мирового значения. По инициативе Вавилова, как первого президента ВАСХНИЛ (с 1929 по 1935 гг., а затем вице-президентом вплоть до ареста), был организован целый ряд научно-исследовательских учреждений: Институт зернового хозяйства Юго-Востока Европейской части СССР, институты плодоводства, овощеводства, субтропических культур, кукурузы, картофеля, хлопководства, льна, масличных культур и другие. На основе генетической лаборатории, которой он руководил с 1930 г., Вавилов организовал Институт генетики АН СССР и являлся его директором (до 1940 г.).

Вавилов принимал активное участие в организации Всесоюзных сельскохозяйственных выставок 1923 и 1939 годов. С 1931 по 1940 гг. (до ареста) Вавилов – президент Всесоюзного географического общества. Вавилов избирался вице-президентом VI-го Международного генетического конгресса в США в 1932 году и почетным президентом VII-го Международного генетического конгресса в Великобритании в 1939 году.

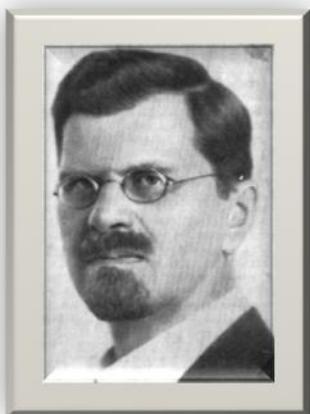
По мнению многих ученых, знавших Вавилова, самым характерным, больше всего запоминающимся в его облике было огромное обаяние. Нобелевский лауреат, генетик Г. Меллер вспоминал: «Всех, кто знал Николая Ивановича, воодушевляли его неисчерпаемая жизнерадостность, великодушие и обаятельная натура, многосторонность интересов и энергия. Эта яркая, привлекательная и общительная личность как бы вливалась в окружающих свою страсть к неутомимому труду, к свершениям и радостному сотрудничеству. Я не знал никого другого, кто разрабатывал бы мероприятия такого гигантского масштаба, развивал их все дальше и дальше и при этом вникал бы так внимательно во все детали». Вавилов обладал феноменальной работоспособностью и памятью, умением работать в любых условиях, обычно спал не более 4-5 часов в сутки. Вавилов никогда не бывал в отпусках. Отдыхом для него была смена занятий. «Надо спешить» – говорил он. Как ученый он имел прирожденную способность к теоретическому мышлению, к широким обобщениям. Вавилов обладал редкими организационными способностями, сильной волей, выносливостью и смелостью, ярко проявившимися в его путешествиях по труднодоступным районам земного шара. Он был широко образованным человеком, владел несколькими европейскими языками и некоторыми азиатскими. Во время своих путешествий он интересовался не только земледельческой культурой народов, но и их бытом, обычаями и искусством. Будучи патриотом и в высоком смысле гражданином своей страны, Вавилов был убежденным сторонником и активным пропагандистом международного научного сотрудничества, совместной работы ученых всех стран мира на благо человечества.

В начале тридцатых годов Вавилов горячо поддержал работу молодого агронома Т.Д. Лысенко по так называемой яровизации: превращению озимых культур в яровые путем предпосевного воздействия низких положительных температур на семена. Вавилов надеялся, что метод яровизации можно будет эффективно применить в селекции, что позволит полнее использовать мировую коллекцию полезных растений ВИРа для выведения путем гибридизации высокопродуктивных, устойчивых к заболеваниям, засухе и холоду культурных растений. В 1934 г. Вавилов рекомендовал Лысенко в члены-корреспонденты АН СССР. Лысенко импонировал советским руководителям во главе со Сталиным своим «народным» происхождением, обещанием в кратчайшие сроки поднять урожайность зерновых культур, а также тем, что заявил на съезде колхозников-ударников в 1935 г., что вредители есть и в науке. В 1936 и 1939 гг. происходили дискуссии по вопросам генетики и селекции, на которых Лысенко и его сторонники атаковали учёных во главе с Вавиловым и Кольцовым, разделявших основные положения классической генетики. Группа Лысенко отвергла генетику как науку, отрицала существование генов как материальных носителей наследственности. В конце тридцатых годов лысенковцы, опираясь на поддержку Сталина, Молотова и других советских руководителей, начали расправу со своими идейными противниками, с Вавиловым и его соратниками, работавшими в ВИРе и Институте генетики в Москве. На Вавилова обрушивается поток клеветы, опорачиваются его главные достижения. Став в 1938 г. президентом ВАСХНИЛ, Лысенко препятствовал нормальной работе ВИРа – добивался урезания его бюджета, замены членов ученого совета на своих сторонников, изменения руководства института. В 1938 г. советское правительство под влиянием Лысенко отменило проведение Международного генетического конгресса в СССР, президентом которого должен был стать Вавилов. Вавилов вплоть до своего ареста продолжал мужественно отстаивать свои научные взгляды, программу работ возглавляемых им институтов. В 1939 г. он подверг резкой критике антинаучные взгляды Лысенко на заседании Ленинградского областного бюро секции научных работников. В конце своего выступления Вавилов сказал: «Пойдем на костер, будем гореть, но от своих убеждений не откажемся».

В 1940 году Вавилов был назначен начальником Комплексной (агроботанической) экспедиции Наркомзема СССР в западные районы Украинской и Белорусской ССР. 6 августа 1940 года Вавилов был арестован в предгорьях Карпат, вблизи г. Черновцы. 9 июля 1941 г. Вавилов на «суде» Военной коллегии Верховного суда СССР, происходившем в течение нескольких минут, был приговорен к расстрелу. На суде им было заявлено, что «обвинение построено на небылицах, лживых фактах и клевете, ни в какой мере не подтвержденных следствием». Поданное им прошение о помиловании в Верховный Совет СССР было отклонено. 26 июля переведен в Бутырскую тюрьму для приведения приговора в исполнение. Утром 15 октября его посетил сотрудник Берии и пообещал, что Вавилова оставят жить и предоставят ему работу по специальности. В связи с наступлением немцев на Москву этапирован в Саратов 16-29 октября, помещен в 3-й корпус тюрьмы № 1

г. Саратова, где находился год и 3 месяца в тяжелейших условиях (камера смертников). Решением Президиума Верховного Совета СССР 23 июня 1942 г. расстрел в порядке помилования заменен 20 годами заключения в исправительно-трудовых лагерях. Предельно истощенный от голода Николай Иванович заболел дистрофией и умер в тюремной больнице 26 января 1943. Похоронен, по-видимому, в общей могиле саратовского кладбища. 20 августа 1955 г. Вавилов был посмертно реабилитирован. При жизни Николай Иванович был избран членом и почетным членом многих зарубежных академий, в том числе Лондонского Королевского общества (1942), Шотландской (1937), Индийской (1937), Аргентинской академий, членом-корреспондентом АН Галле (1929; Германия) и Чехословацкой академии (1936), почетным членом Американского ботанического общества. Линнеевского общества в Лондоне, Английского общества садоводства и др.

([http://www.biografii.ru/biogr\\_dop/vavilov\\_n\\_i/vavilov\\_n\\_i.htm](http://www.biografii.ru/biogr_dop/vavilov_n_i/vavilov_n_i.htm);  
<http://ru.wikipedia.org/wiki/Vavilov>)



**Сергей Сергеевич Четвериков (1880-1959)** – российский генетик, один из основоположников эволюционной и популяционной генетики. Одним из первых связал закономерности отбора в популяциях с динамикой эволюционного процесса. Жизненный путь Четверикова сложился драматически. У него рано определился интерес к живой природе, натуралистический склад ума. Отец хотел, чтобы сын стал предпринимателем, и был потрясен, когда Сергей в 15 лет твердо заявил, что хочет стать «профессором зоологии». В 1896 г. Четвериков окончил училище, а в следующем году отец, не оставлявший надежды сделать из сына инженера, способного руководить производством на

фабрике, отправляет его учиться в Германию. Однако уже весной 1898 года Четвериков убеждает отца в своем призвании и получает от него «полную свободу». Он возвращается в Россию, поселяется в Киеве (отец не разрешил ему жить дома в Москве) и готовится к экзаменам на гимназический аттестат зрелости, необходимый для поступления в университет. В 1900 г. Четвериков, сдав в течение месяца 18 дополнительных экзаменов, становится студентом естественного отделения физико-математического факультета Московского университета. В 1906 г. он окончил университет и был оставлен на кафедре сравнительной анатомии. Его магистерская диссертация была посвящена анатомии пресноводного ракообразного – водяного ослика.

В 1919 г. Н.К. Кольцов ([http://ru.wikipedia.org/wiki/Кольцов\\_Н.К.](http://ru.wikipedia.org/wiki/Кольцов_Н.К.)) приглашает его в МГУ, где Четвериков читает ряд курсов: энтомологии (до 1925 г.), теоретической систематики (с 1925 г. – биометрии) и первый в МГУ курс генетики (с 1925 г.). Наряду с чтением лекций Четвериков организует первую в России лабораторию генетики в созданном в 1917 г. Кольцовым Институте

экспериментальной биологии. Здесь он плодотворно проработал 9 лет (1921-1929 гг.), создав московскую школу эволюционной генетики, из которой вышла плеяда известных ученых (Б.Л. Астауров, Е.Н. Балкашина, С.М. Гершензон, Н.В. Тимофеев-Ресовский, Д.Д. Ромашов, Н.Ф. Рокицкий).

Однако, летом 1929 г., с ужесточением режима советской власти, Четвериков по доносу был арестован и после двух месяцев Бутырской тюрьмы без суда и следствия сослан в Свердловск, откуда через два года перебрался во Владимир. Коллектив лаборатории распался. Когда закончился срок ссылки, Четвериков в 1935 г., благодаря стараниям учеников, занимает должность заведующего кафедрой генетики и селекции Горьковского университета. Тринадцать лет Четвериков успешно работал по генетике и селекции дубового шелкопряда, в августе 1948 г., после разгромившей генетику в СССР сессии ВАСХНИЛ, он был уволен с работы в числе других 300 биологов, доцентов и профессоров вузов. Четверикову предлагали сохранить работу при условии раскаяния и осуждения классической генетики, но он отказался это сделать.

Фундаментальный вклад Четверикова в биологию составляют, прежде всего, исследования в области теории эволюций и генетики популяций. В 1905 г. он, ещё будучи студентом, ввел в популяционную биологию концепцию «волн жизни», описывающую внезапное массовое появление, а затем уменьшение численности определенных видов. Эти колебания численности меняют границы ареалов видов, концентрацию различных мутаций и генотипов в популяции. Волны жизни считаются одним из элементарных эволюционных факторов. В работе «Основной фактор эволюции насекомых» (1915) Четвериков приходит к выводу, что хитин (как эволюционное новшество) и образованный на его основе наружный скелет позволили насекомым пойти по пути миниатюризации размеров и занять все возможные ниши на Земле. Механические свойства наружного хитинового скелета обеспечили насекомым эволюционное преимущество (пластичность и прочность при меньшем размере) перед позвоночными с их внутренним скелетом. В результате насекомые смогли «завоевать себе совершенно самостоятельное место среди других наземных животных и не только завоевать его, но размножиться в бесконечном разнообразии форм и тем приобрести громадное значение в общем круговороте природы».

В 1922 г. в Москву приехал американский генетик Г. Меллер, ученик и сотрудник Т. Х. Моргана. Он привез коллекцию культур дрозофил с набором различных мутаций и прочитал ряд докладов о хромосомной теории наследственности, в создании которой принимал непосредственное участие. С этого времени Четвериков развернул оказавшиеся весьма плодотворными экспериментальные исследования на привезенных культурах и местных видах дрозофилы.

В 1924 г. Четвериков организует регулярные заседания знаменитого генетического кружка-семинара СООР. На заседаниях в ходе обсуждений разрешалось перебивать друг друга, вставлять свои замечания и тому подобное, так что дело доходило по временам, вспоминал Четвериков, «до настоящего ора (вот отсюда-то, от совместного ора (орания) и получилось наименование —

«СООР»)). В семинаре, помимо его 10 учеников, принимали участие Кольцов, генетики и цитологи А.С. Серебровский, С. П. Фролова, П. И. Живаго, В.В. Сахаров. Заседания проходили в неформальной домашней обстановке на одной из квартир его участников. Приём в СООР новых членов был ограничен суровым условием – полным согласием всех кружковцев и знанием европейских языков. Этот налёт закрытого общества послужил, возможно, одним из поводов для доноса на Четверикова в условиях укрепления в 1929 г. сталинской диктатуры и поиска классовых врагов.

В 1926 г. Четвериков публикует основополагающую статью «О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения генетики», которая наряду с работами Р.Э. Фишера и Дж. Б.С. Холдейна (Великобритания) и С. Райта (США), положила начало новой дисциплине – генетике популяций – и, главное, определила направление экспериментальных исследований в этой области. Исходя из признания важности для понимания эволюции проблем природы изменчивости и её поддержания в популяциях Четвериков анализирует процесс возникновения мутаций в природе, их поведение в условиях свободного скрещивания и роль отбора в их распространении. Пользуясь несложными математическими методами, доказал, что мутации (геновариации) в природных популяциях животных не исчезают, могут накапливаться в скрытом (гетерозиготном) состоянии и давать материал для изменчивости и естественного отбора. Рассматривая популяцию как элементарную структуру эволюции, он вводит понятия о непрерывном мутационном давлении, о генофонде и о генотипической среде, он предсказывает насыщенность вида гетерозиготными мутациями (накопленный резерв наследственной изменчивости) и возможность их выявления, выход в гомозиготное состояние при инбридинге, а также неселективные различия между генофондами популяций в условиях изоляции. В этой статье Четвериков показал совместимость принципов генетики с теорией естественного отбора, заложил основы эволюционной генетики. Его идеи и предсказания блестяще подтвердили в опытах на дрозофиле его ученики С.М. Гершензон, Д.Д. Ромашов, Е.И. Балкашина и Н.В. Тимофеев-Ресовский. Последний, наряду с Ф. Добржанским, привнес в европейскую и американскую генетику, разработанную Четвериковым, методологию изучения популяций и микроэволюции.

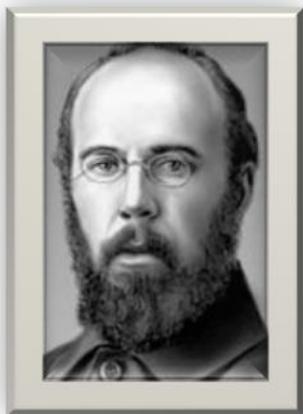
С 1 августа 1935 г. Сергей Сергеевич был зачислен в Горьковский государственный университет на биологический факультет на должность профессора, заведующего кафедрой генетики. Сергей Сергеевич читал общий курс генетики для всех студентов биофака, а кроме того, специальные курсы для студентов, специализирующихся на кафедре генетики: курс биометрии и курс, называвшийся «Теоретические основы селекции» и др. Лектором Сергей Сергеевич был очень оригинальным. Свободное изложение материала лекции без использования конспектов, строгая логика, общая «подобранность» лектора и точность формулировок увлекали и завораживали студентов. На первой же лекции Сергей Сергеевич предложил слушателям, не стесняясь, прерывать его вопросами по ходу изложения материала, так как считал, что нельзя двигаться

дальше, если что-то не усвоено или не понятно в уже пройденном. Он часто производил различные математические вычисления и решение генетических задач на доске и искренне радовался, если кто-то из студентов замечал опisku или пропущенный знак, и всегда благодарил за замечание. Ведь это было свидетельством активной работы аудитории и напряженного внимания слушателей.

За научные исследования по шелкопряду в 1944 г. Четвериков был награждён орденом «Знак Почета», а позднее он получил медаль «За доблестный труд в Великой Отечественной войне». В 1945 г. он был утверждён в ученой степени доктора биологических наук без защиты диссертации.

В августе 1948 г. после сессии ВАСХНИЛ и постановления о перестройке преподавания биологических наук в духе её решений С.С. Четвериков покинул университет, не считая возможным отказаться от своих научных воззрений. В приказе министра высшего образования от 23 августа 1948 г. сказано, что он освобожден от работы по состоянию здоровья. Но самая тяжелая потеря заключалась в том, что были подвергнуты запрету и на десятилетие преданы забвению его замечательные работы 1920-х годов, на базе которых выросли две новые биологические дисциплины – популяционная и эволюционная генетика. Автор же этих выдающихся работ был объявлен фигурой одиозной.

Признание пришло к Четверикову в самом конце его жизни, когда он в 1959 г. был награжден Германской академией естествоиспытателей «Леопольдина» медалью «Планкетта Дарвина» за заслуги в развитии теории ЭВОЛЮЦИИ. ([http://letopisi.ru/index.php/Четвериков,\\_Сергей\\_Сергеевич](http://letopisi.ru/index.php/Четвериков,_Сергей_Сергеевич); <http://www.megabook.ru/Article.asp?AID=686785>)



**Александр Сергеевич Серебровский** (1892-1948) – русский и советский биолог, один из основоположников генетики в СССР, член-корреспондент АН СССР (1933), академик ВАСХНИЛ (1935). Высшее образование получил в Московском университете (1914). В 1929 г. организовал лабораторию генетики в Биологическом институте им. К.А. Тимирязева, в 1931 г. – сектор генетики и селекции во Всесоюзном институте животноводства ВАСХНИЛ. В 1930-1948 гг. заведующий организованной им кафедры генетики МГУ. Первым (1926) предложил метод определения размеров гена в условных единицах перекреста и высказал идею о его делимости. В дальнейшем

совместно с сотрудниками подтвердил свою гипотезу экспериментально и предложил схему строения гена из центров, расположенных линейно. Выдвинул (1938) теорию происхождения новых генов путём дупликации генов-предшественников. Создал новое направление в эволюционном учении, названное им *геногеографией*. Внёс большой вклад в разработку основ селекции и гибридизации, методов генетического анализа и внедрение

достижений генетики и селекции в практику сельского хозяйства. Первым (1940) предложил метод борьбы с вредными насекомыми, основанный на размножении самцов с генетическими нарушениями, что при их последующем выпуске приводит к резкому снижению численности популяции вредителя. Награжден орденом Трудового Красного Знамени (1945), медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

(<http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/170025/Серебровский>;  
[http://ru.wikipedia.org/wiki/Александр\\_Сергеевич\\_Серебровский](http://ru.wikipedia.org/wiki/Александр_Сергеевич_Серебровский);) )



**Георгий Дмитриевич Карпеченко** (1899-1941, Расстрельный полигон «Коммунарка» НКВД СССР, Московская область, СССР) – советский учёный-генетик. Родился в городе Вельске Вологодской губернии (ныне в Архангельской области) в семье землемера, окончил вологодскую гимназию. В 1917 г. поступил в Пермский университет, а через год перевёлся на факультет растениеводства Московской сельскохозяйственной академии. После окончания Академии (1922 г.) оставлен на кафедре селекции растений. В 1925 году приглашен Н.И. Вавиловым во Всесоюзный институт растениеводства (ВИР), где организовал лабораторию генетики в Детском Селе (ныне г.

Пушкин). Учеником и заместителем Г.Д. Карпеченко по лаборатории был А.А. Лутков; в лаборатории работали М.И. Хаджинов, В.С. Фёдоров и др. В 1925 году Г.Д. Карпеченко посетил генетические лаборатории 9 европейских стран, в 1927 г. участвовал в Генетическом конгрессе в Берлине, с октября 1929 г. по февраль 1931 г. по Рокфеллеровской стипендии работал в США в лабораториях Э. Беккока и Т. Г. Моргана. В 1931 году организовал и возглавил кафедру генетики растений в Ленинградском университете, где до 1941 года читал общий курс генетики. Наиболее значимый вклад в науку он внес своими работами по отдаленной гибридизации, начатыми ещё в Москве, и продолженными в ВИРе. Карпеченко работал с капустно-редечным гибридом (*Raphano-Brassica*, Рафанобрассика), полученным в результате скрещивания растений из разных родов семейства крестоцветных. Как и многие межвидовые гибриды, он был стерилен, поскольку в каждой из клеток присутствовало по одной копии гаплоидного хромосомного набора редьки и капусты. Хромосомы редьки и капусты не вступали в конъюгацию при мейозе, в результате чего невозможно было получить пыльцу и семезачатки, из которых после оплодотворения могли бы развиваться семена гибридного растения. Используя алкалоид колхицин, Карпеченко искусственно вызвал полиплоидию, удвоив хромосомный набор капустно-редечного гибрида. У этой новой полиплоидной формы каждая клетка содержала диплоидный набор хромосом редьки и диплоидный набор хромосом капусты. В результате конъюгация снова стала возможна и способность к мейозу была восстановлена. Хотя работа не

оправдала надежд на получение капусто-редьки, Карпеченко показал принципиальную возможность преодоления стерильности, возникающей при отдаленной гибридизации. Тем самым он заложил теоретические основы для использования отдаленной гибридизации в селекционной работе и существенно пополнил представления о возможных путях эволюции цветковых растений. Арестован 15 февраля 1941 г. по обвинениям в шпионско-вредительской деятельности, к которой была добавлена открытая борьба под руководством Н.И. Вавилова против «передовых методов научно-исследовательской работы и ценнейших достижений академика Лысенко по получению высоких урожаев». Приговорен Военной коллегией Верховного суда СССР 9 июля 1941 года по обвинению в участии в антисоветской вредительской организации. Расстрелян 28 июля 1941 г. Реабилитирован посмертно 21 апреля 1956 года. (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Карпеченко>)



**Иосиф Абрамович Раппопорт** (1912-1990) – выдающийся советский учёный-генетик. Иосиф Раппопорт родился в семье врача-терапевта в городе Чернигове. После окончания школы в 1930 году был принят на биофак Ленинградского государственного университета, где после защиты дипломной работы прошел курс по специальности «генетика». Далее следовала аспирантура в генетической лаборатории Института экспериментальной биологии АН СССР, которым руководил видный биолог Николай Константинович Кольцов. Аспирантура была завершена в 1938 году, а диссертация на учёное звание кандидата

биологических наук была защищена в Институте генетики АН СССР. В годы Великой Отечественной войны Иосиф Раппопорт с первых дней войны пошёл добровольцем на фронт. Прошел путь от командира взвода до начальника штаба 184-го гвардейского полка 62-й гвардейской стрелковой дивизии, дважды был тяжело ранен, потерял левый глаз. Во время войны защитил докторскую диссертацию, находясь на лечении после одного из ранений. За мужество и изобретательность, проявленные на полях сражений Иосиф Раппопорт был удостоен награждения многими орденами и медалями.

После войны Иосиф Раппопорт продолжил научные исследования в области генетики в Институте цитологии, гистологии и эмбриологии АН СССР. Главным научным достижением Раппопорта стало открытие химических веществ, которые обладали сильными мутагенными свойствами (*мутагенов* и *супермутагенов*), и проведение соответствующих опытов на мухах-дрозофилах подтвердило первоначальные догадки и прозрения учёного, которые впоследствии вылились в появление самостоятельного раздела генетики, известного как *химический мутагенез*. Однако генетика, против которой в СССР в 1948 году была начата глубоко антинаучная кампания по дискредитации, была зачислена в разряд «идеологически чуждых явлений». Разгром генетики и последующие карательные меры против её приверженцев, заключавшиеся, прежде всего, в развале научных

школ и принудительной переквалификации учёных не обошли стороной и Иосифа Раппопорта. В 1957 году Раппопорт возвращается к научным исследованиям в области генетики: в Институте химической физики АН СССР вместе с группой учёных он ведёт поиск химических мутагенов, анализ их свойств в сравнении с радиационными мутагенами, а также эксперименты в области *феногенетики*.

В начале 70-х годов Иосиф Раппопорт был награжден орденом Трудового Красного Знамени; в 1979 г. – избран членом-корреспондентом АН СССР по Отделению биологии. В 1984 году ему была присуждена Ленинская премия. Указом Президента СССР от 16 октября 1990 года Иосифу Раппопорту было присвоено звание Героя Социалистического Труда с формулировкой «за особый вклад в сохранение и развитие генетики и селекции, подготовку высококвалифицированных научных кадров».

([http://ru.wikipedia.org/wiki/Раппопорт\\_Иосиф\\_Абрамович](http://ru.wikipedia.org/wiki/Раппопорт_Иосиф_Абрамович))



**Никола́й Петро́вич Дуби́нин** (1906-1998) – советский генетик. Родился в Кронштадте, учился в МГУ, который окончил в 1928 году. С 1932 года работал в различных научно-исследовательских институтах АН СССР, последовательно отстаивая позиции классической генетики в конфликтах с лысенковцами. В 1946 году был избран членом-корреспондентом, а в 1966 году академиком АН СССР по отделению биологических наук. Приказом Министерства высшего образования СССР от 23 августа 1948 года № 1208 «*О состоянии преподавания биологических дисциплин в университетах и о мерах по*

*укреплению биологических факультетов квалифицированными кадрами биологов-мичуринцев*» освобождён от работы профессора кафедры генетики Воронежского университета «как проводивший активную борьбу против мичуринцев и мичуринского учения и не обеспечивший воспитания советской молодёжи в духе передовой мичуринской биологии». Н. П. Дубинин был основателем Института цитологии и генетики, директором которого он был в 1957-1959 годах, с 1966 года – директор Института общей генетики АН СССР. Областью научных интересов Н. П. Дубинина была общая и эволюционная генетика, а также применение генетики в сельском хозяйстве. Вместе с А.С. Серебровским показал дробимость гена, а также явление комплементарности гена. Опубликовал ряд важных научных работ по структуре и функциям хромосом, показал наличие в популяциях *генетического груза* – летальных и сублетальных мутаций. Также работал в области космической генетики, над проблемами радиационной генетики. Автор классического учебника по генетике для студентов биологических специальностей высших учебных заведений. Указом Президента СССР от 16 октября 1990 года за особый вклад в сохранение и развитие генетики и селекции, подготовку высококвалифицированных научных кадров академику АН СССР Дубинину Николаю Петровичу присвоено звание Героя Социалистического Труда с

вручением ордена Ленина и золотой медали «Серп и Молот». Лауреат  
Ленинской премии 1966 года.  
([http://ru.wikipedia.org/wiki/Дубинин,\\_Николай\\_Петрович](http://ru.wikipedia.org/wiki/Дубинин,_Николай_Петрович))

## ЦЕЛЬ И ЗАДАЧА, МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ, НАРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ

План:

1. Цель и задача биологической науки
2. Методика изучения биологии
3. История развития биологии
4. Некоторые основные обобщения биологических наук
5. Народно-хозяйственное значение биологии

Это наука, как следует из ее названия (bios-от греч. «жизнь», logos-наука) изучает жизнь. Наука, которая занимается столь важной для нас проблемой, как жизнь, непременно должна охватывать многие области смешанных знаний. В течении веков они постоянно накапливались, многие из них сформировались в соответствующие отрасли науки, так, зоология изучает животных, ботаника-растения. Но в целом речь идет о естественных науках, науках о природе и, следовательно, о жизни. То есть о науках биологических.

Исследование живого мира всегда было одной из важных сторон деятельности человека. Сначала от этого зависело его жизнь. Людям необходимо было знать, какие из населяющих Землю миллионов живых организмов- растений, животных, бактерий и грибов- можно использовать в пищу, для изготовления одежды, в качестве лекарственных средств или для устройства жилья, а какие опасны или ядовиты. Лишь позднее человек смог позволить себе такую роскошь, как занятия наукой с познавательными целями. Люди стали изучать организмы более тщательно, собирали их, классифицировали и составляли списки животных и растений, населяющих разные места. В этот период изучение живых существ обычно называли естественной историей, не считая ее наукой. Однако естественная история послужила предшественницей биологии, представляющей собой настоящую науку.

Можно сказать, что биология как упорядоченная система знаний возникла у древних греков. Греки и римляне описали множество известных в то время растений и животных. Гален (131-200 гг. н.э.) был первым физиологом экспериментатором; он произвел множество опытов, главным образом на свиньях, с целью изучить функции нервов и кровеносных сосудов. Позже с наступлением эпохи Возрождения интерес к естественной истории пробудился вновь и было проведено более тщательное исследование строения, функций и образа жизни бесчисленных растений и животных. В середине века в естественную науку вложили свой вклад Мухаммад Мусо Аль-Хоразмий (782-847гг.), Абу Наср Фаробий (870-950 гг.), Абу Райхон Беруний (973-1047 гг.), Абу Али Ибн Сино (980-1037гг.), Захриддин Мухаммад Бобур (1483-1530гг.), и другие. Например, Абу Райхон Беруний в книге «Сайдана» описывает 1116 видов лекарств. Из которых 750 был получен из растений, 101 из животных организмов, 107-из минералов. Абу Али Ибн Сино является крупным энциклопедистом. Он написал более 450 произведений из которых нам

досталось 240 работ. Из этих произведений самым крупным является «Каноны медицины» и эта книга в медицине до сих пор считается настольной книгой.

После того как в начале XVII веке был изобретен микроскоп, Сваммердам (1637-1680гг.) и Левенгук (1632-1723гг.) исследовали тонкую структуру самых различных растительных и животных тканей. Левенгук впервые описал бактерии, простейших и сперматозоидов.

В XIX веке биология бурно развивалась и претерпевала большие изменения, и этот процесс продолжается в ускоренном темпе в XX веке. Это обусловлено отчасти расширением и детализацией наших знаний, отчасти же новыми подходами, которые стали возможны благодаря открытиям в области физики и химии и разработке физических и химических методов исследования. Эти успехи в методах исследований создали возможность количественного изучения молекулярных структур и реакций, лежащих в основе биологических процессов. Возникла новая область науки, получившая название молекулярной биологии.

Первоисточником любых сведений служит, конечно, тщательно проведенное наблюдение или экспериментальное исследование.

Биологию изучают, используя один из четырех методов: Метод описания, метод сравнения, исторический метод, экспериментальный метод.

Метод описания широко был распространен в древности. На стенах пещер где обитали древние люди, был изображен рисунок растений и животных. Позже это делалось на бумаге.

В XVIII веке люди начали использовать методы сравнения. Смысл этого метода, определить схожесть или различия организмов, методом сравнения. Используя этот метод К.Линней создал систематику растений и животных, Шванн- теории клеток, К.Бэр установил типы индивидуального развития. В настоящее время метод сравнения не теряет свою актуальность. Например, обнаруженные материи электронным микроскопом сравниваются данными полученные оптическим микроскопом. В второй половине XIX века в биологии начали использовать исторический метод. Причиной возникновения этого метода является эволюционное учение Ч.Дарвина.

Основоположником экспериментального метода является английский философ Ф.Бэкон (1561-1626гг.), по его мнению, экспериментальный метод один из основных методов изучения природы.

В каждом направлении биологии экспериментальный метод имеет свою специфику.

Биология, так же как физика или химия, наука, охватывающая тысяча фактов, установленных путем множества отдельных наблюдений. Однако для того, чтобы понять эту науку, нет надобности запоминать все факты или даже сколько-нибудь значительную их часть. Также как в физике и химии, хотя быть может, в меньшей степени, в биологии существуют широкие обобщения- гипотезы, теории, законы- выведенные путем тщательного изучения оценки отдельных наблюдений. Так как эти обобщения представляют собой основу современной биологии их необходимо рассмотреть вкратце.

### **Живые системы подчиняются физическим и химическим законам**

Все процессы, протекающие в живых организмах, подчиняются физическим законам. Дыхания, кровообращения, осмос, метаболизм и т.д.

Все живые организмы состоят из химических веществ. Если в периодической системе Д.И.Менделеева насчитываются сегодня 114 элементов, из которого 97 естественные. Из этих элементов 27 той или иной степени встречаются в клетках организмов, 16 элементов являются постоянным для всех клеток. Из которых 4 элемента, т.е. кислород, углерод, азот и водород вместе составляют 98% массы живых существ. Химические вещества, из которых построены живые организмы, гораздо сложнее и достигают более высокого уровня организации, чем те вещества из которых состоит большинство не живых систем.

### **Биогенез**

Обобщение, согласно которому все живое происходит только от живого по-видимому, абсолютно верно. Эксперименты Пастера, и других исследователей еще более 100 лет тому назад окончательно и убедительно доказали, что и микроорганизмы, например, бактерии тоже не могут возникать из не живого вещества путем самозарождения.

### **Клеточная теория**

Одним из самых широких и самых основных обобщений биологии является клеточная теория. Современная клеточная теория утверждает, что все живые организмы состоят из клеток и из продуктов жизнедеятельности клеток. Новые клетки образуются путем деления пред существовавших клеток. Для всех клеток характерно глубокое сходство в химическом составе и обмене веществ и что активность организма как целого складывается из активности и взаимодействия составляющих его самостоятельных клеточных единиц.

### **Теория эволюции органического мира**

Другое крупнейшее обобщение в биологии- это концепция эволюции органического мира. Согласно этой теории, любая группа животных или растений имеет тенденцию к изменчивости. Организмов каждого типа рождается больше того их числа, которое может нести себе пищу и выжить. Между множеством рождающихся особей происходит борьба за существование, причем те особи, которые обладают признаками, дающими им какое-либо преимущество в этой борьбе, будут иметь больше шансов на выживание, чем особи, лишенные этих признаков. Выжившие организмы будут передавать эти выгодные признаки своему потомству, так что благоприятные изменения будут передаваться последующим поколениям. Ядро теории Дарвина составляет концепция борьбы за существование с переживанием наиболее приспособленных и передачей выгодных признаков потомству выживших индивидуумов. Это концепция играла центральную роль в биологической теории на протяжении последующих 100 лет, и с некоторыми поправками, внесенными в нее последующими открытиями в области генетики и эволюции, ее принимает большинство современных биологов.

## Генная теория

Как только было установлено, что новый организм возникает в результате соединения яйца и сперматозоида, встал вопрос о том каким образом эти ничтожные комочки протоплазмы передают потомству признаки родителей.

По этому вопросу существует несколько теорий (Ч.Дарвин, Вейсман) но они не нашли поддержки большинством биологов.

Обобщение относительно механизма наследственности принадлежит к наиболее очным и наиболее количественным биологическим теориям, так как они позволяют предсказывать какова вероятность, того, что потомство двух данных родителей будет обладать тем или иным определенным признакам. Эти обобщения носят название законов Менделя, потому что их впервые сформировал австрийский ученый Грегор Мендель в 1865г. на основании своих тщательных опытов по скрещиванию гороха. Важность их была осознана лишь в 1900 г, когда эти законы были независимо вновь, открыты Корренсом, де Фризом и Чермаком.

Позже, когда были открыты хромосомы и накопились генетические и цитологические данные, Сэттон (1902) и Морган (1911) сформировали современную концепцию о линейном расположении единиц наследственности в хромосомах.

## Процессы метаболизма происходят с участием ферментов

Одно из характерных свойств живых организмов состоит в их способности к обмену веществ (метаболизму) и к осуществлению множества разнообразных химических реакций.

Представление о том, что обмен веществ у всех живых организмов осуществляется при помощи ферментов, или энзимов, специфических органических катализаторов, синтезируемых живыми клетками-выкристаллизовывалась постепенно, начиная с 1815года, когда Кирхгоф получил из пшеницы экстракт, способный превращать крахмал в сахар. Процессы обмена веществ регулируется тонким образом, чтобы внутренняя среда клеток оставалась как можно более постоянной. Внешние условия стремятся вызвать изменения, а живые организмы не прерывно приспособляются к этому при помощи процессов, противодействующих этим изменениям и стремящихся поддержать постоянство внутренней среды. Эта тенденция к постоянству называется гомеостазом.

## Биохимические реакции находится под контролем генов

Одним из более новых важных биологических обобщений явилась, выдвинутая в 1941году Джорджем Бидлом и Эдвардом Татумом, гипотеза (один ген- один фермент -одна реакция) согласно этой получившей широкое признание теории, каждая биохимическая реакция в процессе развития и жизнедеятельности определенного организма контролируется особым ферментом, этот фермент в свою очередь контролируется единичным геном.

## ДНК-главный носитель генетической информации

Каждый ген представляет собой молекулу ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты), состоящую из единиц четырех различных типов, называемых нуклеотидами. Наследственная информация передается от одного поколения к

другому посредством кода, который заключается в определенной линейной последовательности нуклеотидов четырех типов (А, Т, Ц, и Г). Генетический код состоит из трехбуквенных элементов, так называемых кодонов. Три нуклеотида составляющие кодон, определяет ту или иную аминокислоту, последовательность кодонов в молекуле ДНК, в свою очередь, определяет последовательность аминокислот в белке.

### **Витамины предшественники коферментов**

Предшественники коферментов было установлено, что для нормального питания кроме солей, белков, жиров и углеводов нужны еще особые вещества, которые Ф.Гопкино называл добавочными пищевыми факторами, а К.Функ в 1911 году – витаминами. Сейчас твердо установлено, что эти факторы необходимы для обмена веществ всех организмов - бактерии, зеленых растений и животных. Специфическая роль многих витаминов в обмене теперь общеизвестно. Во всех изученных случаях они становятся частью более крупной молекулой, функционирующий в качестве кофермента (служащий партнером фермента и субстраты) и абсолютно необходимы для протекания определенных реакций. Заболевание, вызываемые недостатком витаминов- это последствия нарушений обмена связанных с нехваткой того или иного кофермента.

### **Гормоны регулируют функции клеток**

Быстрое накопление знаний о различных гормонах, образующихся у позвоночных и беспозвоночных животных и у растений, позволила обобщить представления о гормонах, особых химических веществах, синтезируемых в каком-либо ограниченном участке организма, и диффундирующих или переносимых в другой участок, где они действуют в очень низких концентрациях, регулируя и координируя активность клеток. Таким образом гормоны обеспечивают химическую координацию, которая дополняет координацию, осуществляемую нервной системой.

### **Взаимоотношение между организмами и окружающей средой**

Это обобщение представляет собой одну из основных концепций современной биологии и относится к области экологии. Из детальных исследований сообществ растений и животных той или иной местности было выведено общее положение, что все живые организмы определенной области находятся в тесных взаимоотношениях друг с другом и с окружающей средой. Приведенный здесь перечень основных биологических законов не являются исчерпывающим. Возможно, что будущие исследования приведут к дальнейшему пересмотру некоторых из этих принципов. Общественная поддержка науки основывается на убеждении, что более глубокое понимание явлений природы расширяет возможности для повышения благополучия человека. Большую поддержку общества оказывает прикладным наукам, занимающимся такими неотложными проблемами, как злокачественный рост, различные источники энергии или производство пищевых продуктов. Однако все еще сохраняется необходимость в проведении тщательных исследований в области так называемой чистой науки, с тем чтобы вскрывать законы, лежащие в основе наблюдаемого поведения предметов или организмов.

В частности ,строение биомолекул и их функции, определение механизмов роста и развития организмов, прояснение наследственных механизмов индивидуального развития т.е. от биосинтеза белков до образования клеток, историческое развитие организмов, решение проблем возникновения жизни на земле и экспериментальное доказательство, знание положительное и отрицательное влияние человека на природу и проблемы выяснения происхождения человека.

### **Тестовые вопросы:**

**1. Где возникла биология как порядочная система знаний?**

А) у древних греков Б) у римлян В) в средней Азии Д) на востоке

**2. Кто написал книгу «Сайдана»?**

А) Абу Наср Фаробий Б) Абу Райхон Беруний В) Абу Али ибн Сина Д) Зайхиддин Мухаммад Бобур

**3. Сколько произведений написал Абу Али Ибн Сина?**

А) 240 Б) 300 В) 450 Д) 500

**4. Сколько методов существует для изучения биологии?**

А) 2 Б) 3 В) 4 Д) 5

**5. Сколько обобщения существует в биологии?**

А) 8 Б) 9 В) 10 Д) 11

### **ЭВОЛЮЦИОННОЕ УЧЕНИЕ Ч. ДАРВИНА И РАЗВИТИЕ БИОЛОГИИ ПОСЛЕ ДАРВИНСКОГО ПЕРИОДА**

План:

1. Развитие биологии в Дарвинский период
2. Основные положения эволюционной теории Ч. Дарвина
3. Генетические основы эволюции
4. Значение эволюционной теории Ч. Дарвина

Развитие научных знаний о живой природе началось очень давно. Однако вплоть до конца XVIII века задачи биологической науки сводились преимущественно к описанию многообразия животных и растений к их систематизации. Многие ученые работали над разрешением выше названных задач. Огромная роль в объединении и систематизации всех этих данных принадлежит шведскому натуралисту Линнею (1707-1778).

В результате длительной и кропотливой работы Линней собрал весь фактический материал о разнообразии животных и растений, каким расположила биология в XVIII веке. Анализ этого материала позволил Линнею прежде всего прочно вести в науку понятие о видах, все многообразие животных и растений выражено в многообразии видов. Вид по Линнею - это группа сходных особей, свободно скрещивающихся между собой и никогда не меняющих своих основных видовых признаков. Каждому виду растений и животных Линней дал краткое и четкое описание и отдельное название на латинском языке.

Им было описано около 8000 видов растений и около 4500 видов животных.

На очередь стала задача разложить эти виды по полочкам, привести их в такую систему, которой удобно было бы пользоваться в научном исследовании. Линней предложил следующий принцип систематизации растений и животных: наиболее близкие по совокупности признаков виды объединять в один род; сходные роды объединять в один отряд (порядок); сходные отряды – в один класс. Этот принцип, предложенный Линнеем, используется и в современной биологии, хотя самих систематических групп стало больше.

Линней рассматривал все виды животных и растений неизменными. В этом отразился метафизический подход к природе, который характеризуется тем, что все явления рассматриваются неизменными, вне связи и взаимодействия друг с другом и с окружающими условиями.

К концу XVIII века в биологии накопился огромный накопительный материал. Стало известно, что даже внешне очень далекие виды (например, окунь и обезьяна) в своем внутреннем строении обнаруживают черты сходства. Очень важным было установление по ископаемым остаткам того факта, что давно жившие на Земле виды животных и растений отличались от современных. Значит, не всегда виды растений и животных были такими, какие они теперь. Из практики сельского хозяйства известно, что важнейший вид, строение и продуктивность растений и животных могут очень существенно изменяться с изменением условий их выращивания и содержания. Все эти факты доставляли наиболее прогрессивных ученых усомниться в неизменности видов. В этой обстановке и возникла первая научная теория эволюции органического мира, созданная французским ученым Жаном Батистом Ламарком (1744-1829) и изложенная в его книге «(Философия зоологии)» (1809). Собственные работы по систематике растений и животных убедили Ламарка в том, что часто трудно установить резкие границы между близкими видами. В результате Ламарк приходит к своему первому выводу: виды не остаются постоянными, они медленно и постоянно изменяются. Вторым выводом состоял в утверждении факта эволюции. При рассмотрении всего животного мира в целом легко заметить, что наблюдается последовательная усложнение всей организации животных от самой низшей «инфузории» до самых высших (млекопитающие). Это достижение носит как бы ступенчатый характер и потому было названо Ламарком – градацией. В факте градации Ламарк увидел отражение хода исторического развития органического мира. Так, Ламарк впервые в истории биологии сформировал положение об эволюционном развитии живой природы. Причиной изменения видов, медленного и постепенного превращения одного вида в другой, Ламарк видел медленным и постепенным изменением внешних условий: изменяются условия (климат, пища) а вслед за этим из поколения в поколение изменяются и виды.

Если изменения организмов, вызванные прямым или косвенным воздействием условий среды, повторяются в целом ряду поколений, то они наследуются и становятся признаками новых видов.

Так объяснил Ламарк изменение видов в природе. В Ламарковском толковании причин изменения видов есть серьезные недостатки. Так, действием упражнения или не упражнения органов нельзя объяснить изменения в таких признаках, как окраска покровов животного, густота меха и целый ряд других, к которым неприменимо понятие упражнение.

Причину градации, т.е. прогрессивного усложнения живой природы в целом, Ламарк не смог объяснить действием условий жизни на организмы. Поэтому он совершенно произвольно допустил, что в природе существует некий изначальный закон внутреннего стремления к совершенствованию. Согласно этим представлениям Ламарка, все живое, начиная с само зародившихся простейших, попадает под действие названного закона и в бесконечно длинному ряду поколений неизбежно прогрессивно усложняется. Эволюционная теория Ч.Дарвина была опубликована в 1859 году в его книге «Происхождение видов путем естественного отбора или сохраняя благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь».

Эволюционная теория Дарвина представляет собой целостное, последовательно материалистическое учение о развитии органического мира. Сущность этого учения коротко состоит в следующем: виды организмов, населяющие землю, никогда не были кем-то созданы. Возникнув естественным путем, органические формы медленно и постепенно преобразовывались, и совершенствовались в соответствии с окружающими условиями. В основе преобразования видов в природе лежат такие свойства организмов, как изменчивость и наследственность, а также постоянно происходящий в природе естественный отбор. Естественный отбор осуществляется через сложные взаимоотношения организмов друг с другом и с фактами неживой природы; эти взаимоотношения Дарвин назвал борьбой за существование.

Выявить роль изменчивости, наследственности и отбора в природе Дарвину помог анализ селекционной практики; в основе породо- и сортообразования лежат те же свойства изменчивости и наследственности и искусственный отбор, производимой человеком.

Самым ярким примером эволюции служит возникновение новых видов из старых. Дать определение вида трудно, однако в качестве рабочего определения можно принять, что вид-это группа организмов, которые обычно скрещиваются друг с другом, но не скрещиваются с представителями других таких групп. Две отдельные популяции одного и того же вида могут эволюционировать в различных направлениях, пока они не превратятся в два самостоятельных вида, уже не способных скрещиваться между собой. Для того чтобы произошло образование новых видов, необходимо наличие репродуктивной изоляции между двумя популяциями.

Популяции могут давать начало новым видам в том случае, если они не отделены от другой. Это может произойти в результате мутации, которая создает репродуктивную изоляцию за один большой скачок. Одна из таких мутаций представляет собой внезапное увеличение нормального количества генетического материала, приводящие к образованию особей, называемых полиплоидами. Самыми распространенными и хорошо знакомыми примерами

полиплоидов служат тетраплоидные цветковые растения, у которых произошло удвоение генетического материала. Долгое время биологи считали, что эволюция происходит медленно и постепенно. Новые мутации возникают случайно и очень редко; еще реже мутантные гены оказываются чуть благоприятнее генов, уже закрепившихся в генофонде, и в таких случаях естественный отбор медленно сводит на нет частоты этих прежних генов. Популяции вида, живущего в различных локальных средах, испытывают разные давления отбора, которые направляют их по разным ветвям эволюционного пути. В результате такого непрерывного и постепенного накопления мелких изменений из старых видов в конечном счете возникают новые.

Единицами генетического материала являются гены. Гены определяют признаки данного организма; цвет глаз, группа крови, развитие зубов и т.п. у каждого организма имеется от нескольких сотен до нескольких тысяч разных генов. Общая сумма всех генов, имеющих у всех членов данной популяции, составляет ее генофонд. Подсчитав, сколько раз тот или иной ген встречается в генофонде данной популяции, мы определим частоту этого гена в популяции. Повторив такой подсчет в следующем поколении, можно установить, изменилась частота гена или нет. Если, например, в данной популяции человека в этом поколении ген голубых глаз имеется у половины ее членов, а в следующем поколении - только у четвертой их части, то частота этого гена изменяется; такое генетическое изменение и есть эволюция.

Таким образом, мы располагаем еще одним определением эволюции; эволюция – это изменение частоты одного или нескольких генов в данной популяции от одного поколения к другому. Индивидуум не может эволюционировать. Гены данного индивидуума определены с самого его вступления в жизнь, его вклад в эволюцию состоит в том, чтобы передать гены своим потомкам, т.е. следующему поколению.

Поколений изменения частоты некоторых генов в генофонде на протяжении многих поколений может привести со временем к резким изменениям в популяции.

Появление эволюционной теории Ч.Дарвина имело огромное значение для биологии. Развитие органического мира нашло в ней свое естественное материалистическое объяснение.

Теория Дарвина внесла в биологию исторический метод. Все биологические науки в теории Дарвина получили совершенно новую, истинно научную основу.

Огромные новые перспективы открылись и перед селекцией. Вскрытые Дарвином факторы порода и сортообразование позволили более широко и умело использовать их, ускоряя и совершенствуя селекционный процесс. Возникла специальная наука генетика, значительно расширившая знания о наследственности и изменчивости. Основываясь на эволюционном значении сложных взаимоотношений между организмами природы, человек оказался вооруженным эффективными способами воздействия на природу.

Наконец именно благодаря теории Дарвина человек смог заглянуть свое далекое прошлое. На основе эволюционного учения Ч.Дарвина науке удалось

восстановить в общих чертах конкретный путь развития жизни на земле. Воссоздания этого пути- итог многолетнего кропотливого труда ученых самых разных специальностей. Среди них на первом месте стоят сравнительная анатомия, эмбриология и палеонтология. Современный радиоактивный метод, основанный на учете скорости полураспада радиоактивных элементов в породах различных слоях земной коры, позволяет более или менее точно датировать основные этапы эволюции.

Многие биологи приняли теорию естественного отбора с распростертыми объятиями, поскольку она позволяла дать объяснения многочисленным загадочным фактам. Однако время от времени появляются биологи, не ощущающие притягательной силы теории эволюции, и в надежде приобрести выгодную известность они заявляют; Дарвин был не прав. Обычно при этом оказывается, что они никогда не читали трудов Дарвина и не понимают его теорию. Конечно, современные эволюционисты углубили многие аспекты исследований Дарвина, однако не вызывает сомнений, что теория эволюции остается самым плодотворным продуктом биологической мысли за все время существования биологии.

#### **Тестовые вопросы:**

**1. Впервые кто систематизировал животных и растений?**

А) Линней Б) Ламарк В) Дарвин Д) Кьюве

**2. Определение вида кто впервые вел в науку?**

А) Кьюве Б) Дарвин В) Ламарк Д) Линней

**3. Кто создал первую научную теорию эволюции органического мира?**

А) Мендель Б) Ламарк В) Линней Д) Дарвин.

**4. Кто допустил, что в природе существует некий изначальный закон внутреннего стремления к совершенствованию?**

А) Дарвин. Б) Линней В) Ламарк Д) Мендель

**5. Эволюционная теория Ч. Дарвина, когда была опубликована?**

А) 1840 Б) 1859 В) 1861 Г) 1865

**6. В чем основное значение теории Ч. Дарвина для развития биологии?**

А) в понимание суть естественного отбора

Б) в понимание процесса борьба за существование

В) появился исторический метод исследование

Д) все ответы верны.

**7. Какое определение эволюции на генетическом уровне?**

А) изменение генофонда в каждом поколении

Б) эволюция – это изменение частоты одного или нескольких генов в данной популяции от одного поколения к другому.

В) накопление в каждом поколении соответствующих генов.

Д) изменение генного состава в каждом поколении.

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ.

План:

1. Мифы и религии
2. Жизнь внезапного происхождения
3. Стихийное зарождение
4. Теория Опарина
5. Первые органические молекулы, полученные в лаборатории.
6. Развитие органического мира.

Мы знаем, что наша планета сформировалась одновременно с образованием Солнечной системы примерно 5 миллиардов лет назад. Прежде чем появились необходимые условия для возникновения жизни прошло более миллиарда лет. Многие теории пытались объяснить, как возникла жизнь на земле, но и в наши дни эта проблема вызывает живейший интерес ученых.

Учение о сотворении мира Богом утверждает, что жизнь возникла внезапно, по божественному велению. Затем, после потопа или другой великой катастрофы она возродилась вновь.

Существуют теории, утверждающие, что жизнь на земле привнесена из других миров. Кто-то считает, что эта заслуга инопланетян. Но такие теории полностью лишены каких-либо научных оснований и не могут предоставить никаких практических тому доказательств. Другие называют, что первые микроскопические существа, населявшие нашу планету, были занесены сюда метеоритами. Такие утверждения основываются на том, что в некоторых метеоритах найдены органические молекулы. Однако эти теории не объясняют, как возникла жизнь, и лишь указывают как она могла быть перенесена на землю. Человек издавна замечал, что в испорченном мясе вдруг появляются мушки и другие живые существа. Пытаясь объяснить это явление, люди пришли к выводу, что такие существа рождаются и посредственно из разложившейся органической материи. Данная теория прочно утвердилась и просуществовала вплоть до XIX века, хотя уже на протяжении XVII века, ученые представили доказательства, опровергающие ее. Одним из таких ученых был Франческа Реди. Позже Луи Пастер продемонстрировал, что, если в питательную среду, помещенную в колбу, не поступают микроорганизмы извне, смесь остается стерильной.

В 1924 году русский биохимик Александр Опарин предложил теорию о происхождении жизни на нашей планете. Когда земная атмосфера еще не содержала кислорода, в первобытных океанах возникали органические молекулы, которые плавали в воде, составляя нечто вроде (примитивного бульона) многие из этих молекул объединялись и образовывали взаимосвязи более высокого уровня. В определенный момент какие-то из этих соединений оказались окруженными мембраной, которое определяло их от питательной среды. Затем они, подвергнувшись воздействию космической радиации, приобрели способность развиваться и размножаться и превратились, таким образом, в первые живые существа. Последними достижениями биохимии и генетики показано, что функция самовоспроизведения тесно связано с

нуклеиновыми кислотами. Поэтому многие ученые считают, что образованные нуклеиновых кислот абиогенным путем и их последующее соединение с белками -необходимые предпосылки для возникновения живого с его способностью к обмену веществ и самовоспроизведению.

Очевидно, что все выше описанные процессы могли совершаться лишь в жидкой среде т.е. море, было первичной средой жизни, колыбелью живого на нашей планете. 1952 году Стэнли Миллер решил воспроизвести в лаборатории условия, существовавшие на земле более трех миллиардов лет назад. Он смешал в сосуде метан( $\text{CH}_4$ ) и аммиак ( $\text{NH}_3$ ) водяной пар и водород  $\text{H}_2$  – именно такая была примитивная атмосфера и в течении нескольких недель подвергал эту смесь воздействию эклектических разрядов, подобно действию молний. По прошествии нескольких недель он насчитал конденсированной воде несколько органических молекул. Они небыли живыми существами, но Миллер показал каким образом могли образоваться первые молекулы, от которых произошла жизнь. Таким образом жизнь возникла на земле в форме очень простых микроорганизмов. Это были группы органических молекул, объединенных между собой мембраной и способных питаться, развиваться и размножаться. Начался процесс эволюции. С момента возникновения наипростейшие организмы попадали под действие естественного отбора, который и обеспечивал прогрессивное усложнение органического мира и рост многообразия его форм.

В современных условиях нашей планеты любые организмы в том числе и самые простейшие, возникают только биогенным путем, т.е. путем размножения родительских организмов. Для доказательства эволюции и воссоздание ее конкретного пути очень большое значение имеют данные, полученные при сравнении анатомических особенностей и эмбрионального развития современных животных и растений. Наиболее прямые доказательства эволюции- палеонтологические. Данные палеонтологии, подкрепленные дополненные морфологическими и эмбриологическими материалами, есть исторические документы по которым ученые восстанавливают конкретный ход развития органического мира на нашей планете. Все время существования нашей планеты делят на эры. Эры в свою очередь подразделяются на периоды.

До геологическая эра – эра формирования самой планеты. Она началась 6-7 миллиардов лет назад и длилась около 3-ех миллиардов лет; жизнь на земле в это время еще не было.

Архейская эра – эра, когда на земле в водах первичных морей возникла жизнь продолжительность ее 900 млн-1 млрд. лет. В эту эру достаточно четко разделились ветви животного и растительного мира, имеющие общего предка, одноклеточных жгутиковых. Есть основание считать, что в архейскую эру возникли и примитивные формы полового размножения.

Протерозойская эра- одна из самых длительных. В это время возникают новые типы водорослей, которых позже станут исходными для всех остальных групп растительного мира. Животный мир за протерозойскую эру прошел большой путь, возникли типы низших червей и моллюсков. К концу эры

появились примитивные членистоногие и бесчерепные хордовые (близкие к современному ланцетнику) но жизнь все еще существует только в воде.

Палеозойская эра- эра крупных событий в истории органического мира. Центральное из них- выход растений и животных на сушу.

Самые первые на сушу среди растений оказались некоторые водоросли, бактерии и низшие грибы. С их деятельностью связаны первые почвообразовательные процессы.

Освоение суши животными шло двумя путями: из беспозвоночных первыми выходцами на сушу, по-видимому, были скорпионы, многоножки и бескрылые насекомые; среди позвоночных первыми на сушу оказались земноводные.

И так, в течение палеозойской эры растения прошли путь от водорослей до голосеменных, позвоночные животные- от примитивного хордового типа ланцетника до пресмыкающихся на суше и до акуловых рыб в воде, а одна из ветвей беспозвоночных животных- от примитивных морских членистоногих до настоящих летающих насекомых.

Мезозойская эра была вдвое короче палеозойской, но и за это время прошли существенные изменения в органическом мире.

Среди голосеменных растений возникла наиболее прогрессивная ветвь- хвойные растения (триасовый период). В юрский период появились первые покрытосемянные растения, которые к концу эры заняли уже господствующее положение и были представлены большим разнообразием видов.

Прогрессивное развитие позвоночных животных привело к возникновению в триасовый период первых млекопитающих, а в Юрский- первых птиц.

Кайнозойская эра- самая короткая. Но значение ее для настоящего и будущего всего органического мира огромно. Причина состоит в том, что именно в кайнозойскую эру появился на земле человек. А с ним на земле возникла не только новая форма движения материи, но и коренным образом изменился характер и направления эволюции органического мира в целом.

Кайнозойская эра принесла окончательную победу среди позвоночных млекопитающих, птицам и костистым рыбам. Запасы питательных веществ в семенах, плодах и органах вегетативного размножения покрытосемянных растений давали богатую пищу двум первым классам позвоночных.

Эволюционное развитие этих высших представителей растительного и животного мира шло в тесном взаимодействии. В свою очередь развитие цветковых растений неразрывно связано с дальнейшим прогрессом мира беспозвоночных и прежде всего насекомых. Так в сложном и многостороннем взаимодействии происходило постепенное становление современной флоры и фауны.

### **Тестовые вопросы:**

**1) Какие теории существуют о прохождении жизни на земле?**

А) по божественному велению, заслуга инопланетян из неорганического мира.

Б) по божественному велению, занесены метеоритами, из разложившейся органической материи.

В) по божественному велению, занесены метеоритами, из неорганического мира.

Д) по божественному велению, заслуга инопланетян, занесены метеоритами, из разложившейся органической материи, из неорганического мира.

**2) Кто был сторонником о происхождении жизни на земле из разложившейся органической материи?**

А) Франческо Реди Б) Луи Пастер В) Александр Опарин Д) Стэнли Миллер

**3) Кто впервые показал в лабораторных условиях превращение не органических веществ в органические?**

А) Франческо Реди Б) Луи Пастер В) Александр Опарин Д) Стэнли Миллер

**4) Из существующих теорий какая теория наиболее близки к истине?**

А) занесена метеоритами Б) из неорганического мира В) из разложившейся органической материи Д) заслуга инопланетян.

**5) Все время существования нашей планеты делят на несколько эры?**

А) 4 Б) 5 В) 6 Д) 7

**6) В какой эре появился человек на земле?**

А) протерозойская Б) палеозойская В) мезозойская Д) кайнозойская

## **БИОЛОГИЯ КЛЕТКИ. СУЩНОСТЬ И СТЕПЕНЬ ЖИВОГО**

### **План:**

1. Учение о клетке
2. Строение клетки
3. Типы клеток, химический состав и обмен веществ в клетке.
4. Деление клеток и размножение организмов

Изучение микроскопического строения самых разнообразных животных, растений и микроорганизмов привело к созданию теории их клеточного строения, которая в основном сформировалась к середине XIX века. Основные положения этой теории состоят в следующем: 1) большинство организмов состоит из множества клеток (многоклеточные) или представляет собой одну клетку (одноклеточные); 2) при половом и некоторых формах бесполого размножения индивидуальная жизнь каждого многоклеточного организма начинается с одной клетки; 3) несмотря на значительные различия в размерах и форме, клетки всех организмов имеют сходства внутреннего строения.

Растения и животные, окружающие нас, имеют самые разные размеры, но все они образованы различным количеством одинаковых единиц, которые называются клетками. Клетка – самая маленькая единица жизни. Есть организмы, которые состоят из единственной клетки.

Клетка- фундаментальная структурная единица всех живых существ. Она представляет собой минимальное количество живой организованной материи,

способной расти размножаться. Состоит главным образом из плотного материала (цитоплазмы), окруженного мембраной, которая отделяет клетку от внешней среды, и из ряда внутренних структур, в которых выделяют ядро, содержащее генетический материал. Тем не менее, есть некоторые очень примитивные организмы, не располагающие сформированным ядром. Их клетка состоит из мембраны, окружающей цитоплазму с содержащимися в ней включениями.

Одна из самых важных элементов клетки- мембрана. Иногда она бывает дополнительно окружена прочной стенкой. Функция мембраны двойная: изолировать внутреннюю среду от внешней и способствовать обмену веществ между клеткой и внешней средой, в которой она находится. Следовательно, клетка полупроницаема: позволяет определенным веществам поступать внутрь и преграждает путь другим. Кроме ядра, в цитоплазме находятся митохондрии, хлоропласты, рибосомы, эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы, вакуоли.

Реснички и жгутики являются выростами клеточной мембраны: могут быть короткими (реснички) и длинными (жгутики). Различаются и по количеству: реснички очень многочисленны, жгутики присутствуют в малых количествах (иногда только один). Функция обеих- создавать движение жидкости или помогать перемещению клетки.

Все клетки имеют, в принципе, одинаковую основную структуру. Но есть компоненты, которые имеются в одних клетках и отсутствуют в других. Это позволяет различать растительные и животные клетки. Первые обладают более или менее жесткой стенкой из целлюлозы, которая окружает мембрану, хлоропластами и другими пластидами, и большими вакуолями. У вторых нет клеточных стенок, хлоропластов и пластидов, но есть лизосомы и маленькие вакуоли. Кроме того, клетки различаются по своим функциям при формировании тканей, по наличию ресничек и жгутиков и т.д. сходство элементарного химического состава клеток всех организмов доказывает единство живой природы. Вместе с тем нет ни одного химического элемента, содержащегося в живых организмах, который не был бы найден в телах не живой природы. В этом находит свое выражение общность живой и неживой природы.

Живые организмы содержат всего 16 элементов, которые распадаются на 3 группы. Кислород, углерод, водород и азот- группа элементов, которыми живые существа богаче всего. В клетке они составляют до 98% ее сырой массы. Вторая группа объединяет следующие 8 элементов, которые представлены десятными и сотыми долями процента в веществе живой клетки: их общая сумма – около 1,9% общей массы клетки. В третью группу входят такие микроэлементы, которых в живой клетке очень мало, но они совершенно необходимы для ее нормального функционирования.

Несмотря на единство элементарного состава живой и неживой природы, клетки живых существ построены из таких специфических химических соединений этих элементов, которые получили специальное название –

органические вещества. В настоящее время органические вещества в природе могут образовываться на нашей планете только в теле живых организмов.

Все сложнейшие и разнообразнейшие химические реакции, протекающие в живой клетке, в своей совокупности составляют обмен веществ и энергии в клетке.

Совокупность всех процессов синтеза сложных органических веществ (белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот), идущих на построение тела организма, на замену в нем старых составных частей новыми, на создание новых организмов при размножении, получило название ассимиляции, или пластического обмена.

Совокупность всех процессов расщепления сложных органических веществ на простые (вплоть до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ) с выделением свободной энергии получила название диссимиляция, или энергетического обмена. Выделяемая при этом энергия используется на процессы ассимиляции и на осуществления различных процессов жизнедеятельности.

Таким образом, ассимиляция и диссимиляция необходимо дополняют друг друга и в своем противоречивом единстве составляют обмен веществ и энергии в каждой клетке и в организме в целом. Деление клетки приводит к образованию из одной материнской клетки двух или многих дочерних. Если деление ядра материнской клетки сразу же сопровождается делением ее цитоплазмы, позволяют две дочерние клетки. Но бывает и так: ядро многократно делится, а уже затем вокруг каждого из них обособляется часть цитоплазмы материнской клетки. В этом случае одной сходной клетки сразу формируется несколько дочерних клеток.

По характеру распределения ядерного материала между дочерними клетками различают два способа деления клеток: не прямое деление-митоз и прямое деление-амитоз. За исключением некоторых деталей он протекает однотипно и в животных, и в растительных клетках.

Биологическое значение митоза состоит в том, что он обеспечивает очень точное распределение между дочерними клетками ядерных ДНК, находящейся в хромосомах. Благодаря этому дочерние клетки биохимически и генетически оказываются одинаково полноценными.

Митоз осуществляется в четыре последовательные фазы: профазы, метафазы, анафазы, телофазы.

В тканях, где постоянно делится клетки, митоз может длиться у разных клеток разных организмов от нескольких минут до 2-3 часов, а интеркинез от 10ч до 20 дней.

При амитозе как в митозе точного распределения ядерного вещества между дочерними клетками не происходит. В этом случае ядро просто перешнуровывается пополам, а вслед за ним и цитоплазма клетки. Амитоз в жизни многоклеточных организмов занимает не значительное место.

Формирование женских половых клеток называется овогенезом, мужских-сперматогенезом.

Деление в зоне созревания, приводящие к образованию 4 сперматозоидов или одной яйцеклетки и 3 направительных телец, называется мейозом. Оно

состоит из двух последовательных делений. В профазе первого мейотического деления гомологичные хромосомы каждой пары сближаются и тесно прилегают друг к другу: в метафазе такие пары располагаются в экваториальной плоскости клетки, а в анафазе гомологичные хромосомы из каждой пары расходятся к противоположным полюсам делящейся клетки. В результате из одной диплоидной клетки развиваются две клетки с уменьшенным вдвое числом хромосом. Такой набор хромосом называется гаплоидным. Второе деление в мейозе происходит обычным путем с разделением каждой хромосомы пополам (по типу митоза).

В результате из 2 гаплоидных клеток возникают 4 гаплоидные клетки. На этом созревании половых клеток заканчивается. Живые организмы, не смотря на различие их общности строения, они имеют свою степень организации.

Различаются молекулярный, субклеточный, клеточный, тканевый и организменный, популяционный-видовой, биогеоценотический и биосферные степени жизни.

1) У всего живого существа почти одинакова молекулярная организация жизни. У них структура белка схожие т.е. состав белка состоит из 20 аминокислот и нуклеиновые кислоты имеют соответствующие азотистые основания.

Образование ферментов, АТФ и выделение от них энергии, сохранение наследственной информации и передача их от одного поколения к другому это есть молекулярная степень организации организмов.

2) У эукариотических организмов субклеточная степень организации общая, т.е. многие клетки имеют одни и те же органоиды, которые выполняют одинаковую функцию. Клеточная степень организации показывает прежде всего общность всех живых существ. В эволюционном процессе разнообразных организмов происходит дифференциация клеток и имеет свою степень организации клеток.

3) Клетки одинаковыми свойствами объединив создают тканевую степень организации и у отдельных органов выполняют специфические функции. У многоклеточных организмов ткани и органы имеют общее строение и формируются в онтогенезе.

4) Организменная степень организации живых существ даёт основу изучения их черты и свойства для каждого организма.

5) Популяционная и видовая степень организации даёт организмам общее место жительства жизни. Здесь изучаются процессы жизнедеятельности принадлежащим к одному виду организмов.

6) Биогеоценотическим и биосферной степени организации это есть взаимодействие популяций видов, обитающих в одних географических зонах. Этот процесс определяет взаимодействие организмов с внешней средой и круговорот веществ и энергии.

Таким образом клетка является основной единицей строения, функции и развития всех организмов. На клеточном уровне организации жизни происходит передача наследственной информации, обмен веществ и энергии, обеспечивается непрерывность жизни. Единицей жизни на организменном

уровне является особь или индивид. С момента появления на свет и до самой смерти индивид ведет себя как живая система. Группа организмов одного вида, которая, занимая определенную часть ареала данного вида, свободно скрещивается между собой и отличается от других групп организмов того же вида некоторыми признаками и свойствами, называется популяцией. Она составляет надорганизменный уровень организации жизни. Начиная с этого уровня организации жизни, происходит эволюционное обновление. В природе нет ни одного вида организмов, который был бы обособленный образ жизни. Жизнь каждого вида тесно связаны с другими окружающими его видами, комплексом неорганической природы. Это есть биогеоценотический уровень жизни под которой подразумевается устойчивая система различных видов организмов, неразрывно связанных с неживой природой.

Биосферный уровень организации жизни представляет собой совокупность всех биогеоценозов, объединяет все многообразие жизни на земле. На этом уровне жизни совершается кругооборот веществ и энергии, оказывающий влияние на жизнедеятельность всех живых организмов.

#### **Тестовые вопросы:**

**1. Когда формировалась клеточная теория?**

А) 18веке Б) в середине 19века В) начало 20века Д) все ответы верны.

**2. Сколько элементов содержат всего живые организмы?**

А) 27 Б) 20 В) 16 Д) 4

**3. На сколько групп подразделяются элементы, содержащиеся в клетках?**

А) 2 Б) 3 В) 4 Д) 5

**4. К каким клеткам относится зиготы?**

А) к половым Б) к соматическим В) к генеративным Д) к стволовым

**5. Как называется развитие половых клеток?**

А) гаметогенез Б) партеногенез В) самоопыление Д) перекрестное опыление.

**6. Степень организации живых существ подразделяется на сколько групп?**

А) 5 Б) 6 В) 7 Д) 8

## РАЗМНОЖЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ И ИХ ФОРМЫ. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ

План:

1. Формы размножения организмов
2. Бесполое, вегетативное, половое размножения организмов
3. Чередование поколений. Жизненный цикл растений
4. Индивидуальное развитие организмов

Размножение- одно из основных свойств всех живых организмов. Размножением поддерживается длительное существование видов путем смены последовательных поколений. При благоприятных условиях вид может значительно увеличить свою численность расселиться на новые территории. В процессе размножения могут возникать организмы с иными свойствами чем в предыдущем поколении, что служит важным источником изменчивости.

Существует два типа размножения живых существ. В одном случае особи нового поколения берут свое начало от одной исходной особи. Это разные формы бесполого вегетативного размножения. Во втором случае особи дочернего поколения появляются при участии двух организмов родительского поколения: материнского и отцовского. Это половое размножения.

Бесполое размножение происходит без генетического обмена. То есть здесь нет взаимообмена генами, поэтому следующие поколения всегда идентичны предшествующим, ведь генетическая информация всегда остается одинаковой. В животном мире есть четыре основных вида бесполого размножения.

1) Одноклеточные организмы в большинстве случаев воспроизводят потомство делением. Материнская клетка разделяется на две одинаковые части возникают две совершенно одинаковые клетки (морские звезды, бактерии).

2) Второй вид бесполого размножения деление одной материнской клетки на несколько одинаковых (простейшие). Это явление называется множественным делением.

3) Следующий вид - почкования. Здесь новая особь развивается, из выростов (почек) тела материнского организма.

4) Наконец еще одна форма деления у многоклеточных организмов состоит в разделении тела особи на две или более части, из которых развиваются новые организмы.

В жизненном цикле растений чередуются фазы полового и бесполого размножения. На стадии бесполого размножения материнские клетки разделяются, образуя итоте клеточные образования, которых вырастают новые растения. Эти материнские клетки называются спорами. Они покрыты оболочкой, предохраняющей их от высыхания прежде чем они не найдут благоприятные для зарождения новой жизни условия. Кроме того, растения очень часто размножаются почкованием и делением (образуя выводковые почки, клубни, корневые ответвления, подземные побеги, луковицы и т.д.)

Бактерии и грибы и водоросли тоже производят споры для бесполого размножения. При бесполом размножении нет эволюции, так как не существует различия между предками и потомками, которые улучшали бы адаптацию к окружающей среде. У низших организмов единственный способ размножения – бесполой. По мере того как организация растений и животных становится более сложной, они начинают размножаться и половым путем, иногда одним способом, иногда другим, соблюдая регулярный цикл, который называется чередованием поколений. Этот процесс очень важен, поскольку с одной стороны, позволяет быстро и просто увеличивать популяции, а с другой, здесь есть фазы, в который возможен обмен генами и эволюция.

При половом размножении происходит генетический обмен между двумя особями. Каждая производит специализированные клетки гамет. Объединившись, они формируют зиготу, которая дает жизнь новому существу. Растения - типичные организмы с жизненным циклом, в котором чередуется половое и бесполое размножение. Половые клетки, которые содержат только половину генетической информации (они называются гаплоидными клетками). Они получаются посредством процесса деления - мейоза: из клетки с двумя хромосомами (так называемая диплоидная клетка) формируется четыре гаплоидные клетки.

Цикл жизни растений характеризуется чередованием поколений между двумя классами очень различных индивидов – споровых и половых. Споровые, как показывает название, производят споры (реализует бесполое размножение). Когда спора зарождается, она производит другой тип растения половое поколение, которое развивается в формы, производящие гаметы. Последние, после оплодотворения (половое размножение) производят новое существо, всегда диплоидное, но снова споровое. Так цикл чередует поколения. Самые древние растения жили в водной среде, так как мужские гаметы нуждались в ней, чтобы добираться до женских гамет. Для освоения суши пришлось изменить систему перемещения мужских гамет, каждый раз лучше приспособляясь на поверхности земли, до тех пор, пока самые развитые растения не научились постоянно существовать на земле, хотя и здесь мужские гаметы путешествуют в специальных защищенных структурах.

Семена – эмбрионы растений. Вырабатывается, когда пыльца оплодотворяет яйцеклетку, которая преобразовывается в структуру, содержащую питательные вещества. Голосемянные (как сосны) переносят зерна на открытом воздухе или заключены в какую-либо защитную структуру (например, чешую): но в покрытосемянных она окружена плодом, который принимает очень различные формы.

Самый распространенный способ размножения в животном мире – половой, то есть посредством объединения двух гамет – сперматозоида и яйцеклетки которые слившись производят зиготу или начальную клетку. Начиная с нее формируется весь организм. Только некоторые низшие группы (губки, иглокожие и некоторые черви) способны к бесполому размножению. Остальные животные размножаются половым путем. В природе существуют две основные формы оплодотворения: внутри тела самки (внутреннее

оплодотворение) или вне (наружное оплодотворение). Наружное оплодотворение существует у водных животных, например, у ракообразных, рыб и т.д. здесь мужские гаметы способные передвигаться в водной среде. Внутреннее оплодотворение встречается у земных и некоторых водных животных (акулы). Оно осуществляется посредством совокупления, в котором самец освобождает сперматозоиды внутри тела самки.

Зигота, возникающая после оплодотворения, представляет собой одну клетку. С нее начинается жизнь нового организма при половом размножении многоклеточные. Вес период жизни этого организма от зиготы до смерти называется онтогенезом.

Онтогенез подразделяется на две периода: эмбриональный и постэмбриональный.

Онтогенетическое развитие многоклеточных растений и животных существенно различается. Как известно микрогаметогенез завершается образованием двух спермиев, которые формируются или в пыльцевом зерне, или в пыльцевой трубке при прорастании пыльцевого зерна. Пыльцевая трубка, дорастая до микропиле зародышевого мешка, соприкасается с яйцевым аппаратом- яйцеклеткой и синергидами. При соприкосновении конца пыльцевой трубки с синергидами пыльцевая трубка лопаются, а синергида разрушается. Передвигается по пыльцевой трубке по мере ее роста два генеративных ядро спермии после разрыва трубки вместе с ее содержимым попадают внутрь зародышевого мешка. Из двух проникших в зародышевой мешок спермиев один спермий сливается с гаплоидным ядром яйцеклетки. Слияние ядра спермия с ядром яйцеклетки является собственно оплодотворением у растений. В оплодотворенной яйцеклетке- зиготе восстанавливается диплоидное число хромосом. Из зиготы развивается зародыш семени. У покрытосеменных растений, кроме зародыша в семени развивается дополнительный эмбриональный орган – эндосперм, который представляет собой питательное депо зародыша. Начало развития эндосперма обеспечивается вторым оплодотворением. Второй спермий пыльцевой трубки, попадая в зародышевой мешок, сливается с диплоидным ядром центральной клетки зародышевого мешка. При этом образуется клетка с тройным набором хромосом: два одинаковых набор хромосом материнского организма и один набор отцовского. Слияние одного спермия с яйцеклеткой, а другого с ядром центральной клетки называют двойным оплодотворением. Это открытие сделано в 1898 году русским ученым С.Г Навашиным.

К нерегулярным типам полового размножения можно отнести партеногенетическое, гиногенетическое и андрогенетическое размножение животных и растений.

Различают партеногенез соматический, или диплоидный и генеративный или гаплоидный. При соматическом партеногенезе яйцеклетка не претерпевает редукционного деления, в клетках тканей зародыша сохраняется диплоидный набор хромосом. При генеративном партеногенезе зародыш развивается из гаплоидной яйцеклетки. Например, у медоносной пчелы трутни развиваются из неоплодотворенных гаплоидных яиц путем партеногенеза. Партеногенез у

растений очень часто называют апомиксисом. Очень сходно с партеногенезом гиногенетическое размножение. В отличие от партеногенеза при гиногенезе участвуют сперматозоиды развития яйцеклетки (псевдогамия), но оплодотворения (кариогамия) в этом случае не происходит: развитие зародыша осуществляется исключительно за счет женского ядра. Прямой противоположностью гиногенеза является андрогенез. При андрогенезе развитие яйца осуществляется только за счет мужских ядер и материнской цитоплазмы. Андрогенез может иметь место в тех случаях, когда материнское ядро почему-либо погибает до момента оплодотворения. Развития андрогенных особей до взрослого состояния наблюдалось лишь у тутового шелкопряда и паразитической осы. Андрогенетическое размножения, как исключение, обнаружено и у некоторых растений (табак, кукурузы).

Развитие любого организма можно разделить на четыре последовательно проходящих периода:

**Эмбриональное развитие.** Развитие нового организма начинается с момента оплодотворения. При этом ядро яйцеклетке сливается с ядром сперматозоида материнские и отцовские хромосомы объединяются в одном общем ядре, и создается новый генотип на основе реализации которого происходит все дальнейшее развитие организма.

**Постэмбриональный период** продолжается от рождения организма до наступления у него половой зрелости. Зрелость и размножение.

Последний период т.е. старость, заканчивается смертью организма.

### **Тестовые вопросы.**

**1. Как называется процесс от оплодотворения яйцеклетки до смерти организма?**

А) Эмбриогенез Б) Филогенез В) Онтогенез Д) Биологический процесс

**2. Как называется развития половых клеток?**

А) Гаметогенез Б) Партеногенез В) Оогенез Д) Сперматогенез

**3. Когда начинается онтогенез?**

А) С развития яйцеклетки Б) С образования половых клеток В) С оплодотворения яйцеклетки Д) С образования взрослого организма

**4. Покажите стадии эмбрионального развития онтогенеза в правильном порядке?**

А) Зигота, дробление, бластула, гастрюла, органогенез

Б) Зигота, дробление, гастрюла, бластула, органогенез,

В) Зигота, дробление, органогенез, бластула, гастрюла

Д) Дробление, зигота, бластула, гастрюла, органогенез

**5. Что означает онтогенез?**

А) Индивидуальное размножения организма

Б) Развития оплодотворенной яйцеклетки

В) Бесполой размножения организма

Д) Слияние половых клеток

**6. Онтогенез подразделяется на сколько этапов?**

А) 2 Б) 3 В) 4 Д) 5

## 7. Развитие организмов подразделяется на сколько период?

А) 2 Б) 3 В) 4 Д) 5

### БИОСФЕРА И ОБЩЕСТВО

План:

1. Понятие о биосфере
2. Организм и среда
3. Среда и экологические факторы
4. Биоценоз и их изменения
5. Роль человека в природе. Охраны природы

Жизнь на нашей планете существует в самых разных условиях: в воздухе, на поверхности суши, в глубинах океана, начиная от полюсов и кончая экватором. Поэтому в науке возникло понятие о биосфере как об обитаемой оболочке нашей планете. Биосфера представляет собой поверхностную часть суши, нижние слои атмосферы, всю толщу мирового океана, которые населены живыми организмами. Верхний предел биосферы ограничен губительным действием ультрафиолетовых лучей солнечной радиации и едва ли превышает высоту в 20 км над уровнем моря. Нижний предел ограничен повышением температуры по мере продвижение в глубь нашей планеты: пока известно присутствие бактерий в толще земной коры на глубине до 30 км.

Экология специальная наука предметом изучение которой является самые различные взаимные связи, возникающие между организмами и окружающей их средой. Решение широкого круга практических задач по эффективному использованию и планомерному возобновлению природных ресурсов немислимо без знания экологии. Значение экологии важно и для повышения продуктивности сельскохозяйственных растений и животных.

Все что окружает организм в природе, является по отношению к нему средой. Между внешней средой и организмом постоянно происходит обмен веществ, поддерживающий его жизнедеятельность. Факторы внешней среды прямо или косвенно влияют на рост, развитие, размножение и выживание организмов. С другой стороны, жизнедеятельность организмов существенно изменяет и саму внешнюю. Поэтому тесная взаимная связь организма и среды и есть обязательное условие, без которого невозможно сама жизнь.

Факторы среды делят на две группы: абиотические факторы –элементы неживой природы, химический состав воды, атмосферы, почвы и т. д; биотические факторы все организмы других и своего вида, прямо или косвенно связанные с данным организмом. Исторически в природе складываются сложные многосторонние пищевые взаимоотношения, которые могут быть выражены в различных цепях питания.

В каждой местности цепи питания и другие взаимоотношения между организмами создаются по своим комплексам видов, которые вместе с факторами абиотической среды составляют относительно устойчивую единую

систему. Такие системы в экологии получили название биоценозов. Лес, луг, степь, тундра, пресноводный водоем все это будут различные биоценозы. Очень важной характеристикой биоценоза является его способность к само регуляции. Численность любого вида, входящего в состав биоценоза не остается постоянной, а из года в год колеблется. Однако такие колебания в пределах данной системы биоценоза не нарушают его целостности. Устойчивость биоценоза обеспечивается подвижным равновесием между составляющими его видами. Кроме само регуляции, в природе имеет место и смена биоценозов. Когда место полностью опустошено какой-то природной катастрофой, например, извержением вулкана, лава которого обжигает и покрывает все, что есть вокруг остается полностью инертный биотип. Тогда начинается процесс освоения виды нетребовательные к условиям, например, лишайники, которые могут начать расти при небольшом количестве влаги. Они слегка разрушают скалу, что дает возможность укорениться растениям. Корни дождевая вода и ветер формирует небольшой слой почвы, на котором могут расти высшее растения кусты или деревья. Со временем там, где была голая скала, появится лес.

Смена биоценоза не всегда носит обратимый характер. Так в результате процесса заболачивания может иметь место следующая необратимая смена биоценозов: пресноводный водоем – болото – лес.

При сопоставлении биоценозов на разных широтах обнаруживается географическая зональность, в горных областях имеет место вертикальная зональность биоценозов.

Один из мощных факторов изменения отдельных биоценозов и природы в целом – хозяйственная деятельность человека. Живая природа – единственный источник, из которого человек черпает все средства для своего существования. Огромная доля этих средств добывается человеком в сельскохозяйственном производстве. На территориях сельскохозяйственных угодий (пашни, луга, сады) создаются своеобразные искусственные биоценозы, устойчивость которых непрерывно поддерживает сам человек. Человек уничтожает вредных насекомых и привлекает такие биоценозы полезных: борется с микроорганизмами возбудителями болезней растений и животных и заботится об обогащении почвы полезными микроорганизмами: ведет борьбу с сорными растениями и охраняет посевы от неблагоприятных абиотических факторов путем создания защитных лесных полос. Все эти мероприятия направлены на повышение эффективности сельскохозяйственного производства.

Человек не только создает искусственные биоценозы. Деятельность человека вносит существенные изменения и в биосферу в целом. Так, промышленные предприятия всего земного шара существенно изменили химический состав атмосферы. Гидростроительные сооружения заметно повлияли на климат многих районов. Испытание атомного оружия резко повысило содержание радиоактивных элементов в атмосфере, почве и мировом океане планеты. В результате в биоценозах возникают изменения, вызванные деятельностью человека, но не планируемые им. Одним из отрицательных результатов вмешательства человека в природу является изменение общих

климатических условий. Уже наблюдается такие важные изменения, как глобальное потепление климата в течение одного года весы учащение природных катастроф: наводнения, ураганы т.д. Однако изучаемый нами период очень мал по сравнению с возрастном земли, и пока неизвестно, является эти феномены частью природных циклов или результатом человеческого вмешательства. В любом случае, загрязнение природной среды вредно уже само по себе, поэтому благоразумнее не загрязнять природу и тем самым предотвращать возможные изменения климата.

### Тестовые вопросы.

**1. Из чего состоит биомасса планеты?**

- А) Горы, леса, животные
- Б) Растения, животные, микроорганизмы
- В) Леса, растения, озера
- Д) Животные, растениям пустыни

**2. В какой части биосферы находится наибольший объем биомассы?**

- А) В тропосфере
- Б) В литосфере
- В) В гидросфере
- Д) В стратосфере

**3. В какой части тропосферы широко распространены живых организмы?**

- А) Нижней
- Б) Верхней
- В) Средней
- Д) Между верхней и средней

**4. Как называется саморегулирующаяся стабильная система?**

- А) Фитоценоз
- Б) Опроценоз
- В) Биогеоценоз
- Д) Биоценоз

**5. Как называется фактор, изменяющий природу и все живые организмы в природу связанный с человеческой деятельностью?**

- А) Биотический
- Б) Абиотический
- В) Биогеоценоотический
- Д) Антропогенный

**6. Как называется организмы синтезирующие органические вещества?**

- А) Редуценты
- Б) Продуценты
- В) Продуценты и редуценты
- Д) Консументы

**7. Какой из ученых первым ввел в науку понятие биосферы?**

- А) Э. Зюсс
- Б) Ж.Б. Ламарк
- В) Ч. Дарвин
- Д) К. Линней

**8. Кто из ученых создал теорию о биосфере?**

- А) В.Н.Сукачев
- Б) В.О.Ковалевский
- В) В.И.Вернадский
- Д) Ж.Б. Ламарк

**9. На какой высоте расположен озоновый слой?**

- А) 25 км
- Б) 15 км
- В) 55 км
- Д) 100 км

**10. На что влияют экологические факторы?**

- А) На популяции
- Б) Природную общность
- В) На строение и состав организмов, популяции, природную общность
- Д) На строение состав организмов

**11. Назовите биотические факторы влияющие на биоценоз?**

- А) Растения и микроорганизмы
- Б) Влажность, освещение, воздух
- В) Освещение, воздух, температура
- Д) Освещение, температура, влажность

**12. Примерно какую площадь поверхности земли занимает гидросфера?**

- А) 30 %
- Б) 50 %
- В) 40 %
- Д) 70 %

## ПРЕДМЕТ, МЕТОДЫ И ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ НАУКИ

План:

- 1.Формирование генетической науки
- 2.Методы её изучения
- 3.Этапы развития генетической науки
- 4 Современная генетика и её роль сельскохозяйственной практике

Генетика, как наука, изучает две особенности живого организма: наследственность и изменчивость. Благодаря наследственности сохраняются признаки и свойства организмов в новом поколении. Поэтому разнообразен окружающий нас мир. В организмах растений, животных и микроорганизмов сохраняются свойственные только им признаки.

История развития генетической науки нужно искать от самой жизни. Человечество с древних времён занималось скрещиванием растений и животных. При этом отбирали самые лучшие формы.

Материальные основы наследственности расположены в половых клетках и через них соединяются поколения растений и животных. Однако, первоначальные взгляды на наследственность опирались, скорее на фантазию авторов конкретных теорий, нежели на непосредственные наблюдения. Кроме того, часто эти теории были результатом спекуляций, основой которых служили конкретные философские системы, господствующие в то время идеи, и хотя они явно противоречили общеизвестным фактам, их считали истинными. К таким теориям относятся теория самозарождения некоторых организмов, которые якобы рождались из пыли, грязи или иных субстанций, или теория партеногенеза, т.е. рождение самкой потомства без участия самца, и множества других. Сегодня известно, что у некоторых видов действительно наблюдается партеногенез.

Даже открытие в XVII веке мужских и женских половых клеток, полностью разъяснившее тайну зачатия нового организма, не сразу направило научные дискуссии относительно загадок, связанных с наследственностью, в нужном направлении. Немедленно начались споры о том, какая из половых клеток - яйцо или сперматозоид, играет большую роль в оплодотворении. Старонники доминирования яйцеклетки утверждали, что роль сперматозоида в оплодотворении сводится к стимуляции развития яйца, в котором уже имеется сформированный микроскопический зародыш-гоменкулос. Последователи этого направления-овисты боролись со своими противниками которые главную роль в зачатии нового организма придавали сперматозоиду. Подобно овистам, они предполагали, что сперматозоид содержит, сформированный во всех отношениях -зародыш, сходный со своими признаками со взрослым организмом.

Обе названные теории содержали одну общую идею о существовании в половых клетках детерминированных, как бы уже готовых зародышей, которые

в дальнейшем только росли, чтобы достигнуть размера взрослых особей. Это направление в биологии носило название преформизма.

Теории преформистов не господствовали особенно долго. В середине XVIII века Вольф, проводя эмбриологические наблюдения над развивающимися зародышами кур неопровержимо доказал, что на ранних стадиях развития зародыш сильно отличается от взрослой формы особей своего вида. Теория последовательного развития и дифференцирования органов и тканей зародыша по мере роста получила название эпигенеза и несомненно, способствовала росту интереса к проблемам наследственности.

Заинтересованность эта еще более возросла на границе XVIII и XIX веков и в XIX веке в связи с попытками сформулировать теорию эволюции Ламарка, первый выдвинувший эту теорию, утверждал, что организмы приспособляются к изменениям среды и наследуют приобретенные признаки. Он полагал, что упразднение определенных органов ведет к их лучшему развитию не только у той особи, которая непосредственно подвергалась воздействию, но и у ее потомков. И наоборот - неупраздняемые органы в результате этого частично редуцируются. Ламарк не мог не пытаться отыскать механизмы, которые могли бы обеспечить передачу приобретенных признаков потомству через гаметы.

Совершенно иную концепцию эволюции сформировал в середине XIX века Ч.Дарвин в своем основном труде "Происхождение видов" (1859 г). Он представил теорию эволюции, в которой он открыл механизмы эволюции и доказал, что конкурентная борьба за существование и необходимость приспособления популяции к изменениям среды содействует выживанию наиболее приспособленных, наилучших форм организмов. Эта теория содержала и предположения о наследственном характере изменчивости, а тем самым и возможности передачи лучших адаптивных свойств потомству. Концепция наследования признаков не была однозначно сформулирована Ч.Дарвином.

Так же как и Ламарк, он был сторонником наследования приобретенных свойств, но рассуждения на эту тему имели в теории Дарвина второстепенное значение и принципиально не влияли на ее сущность.

Результаты многолетних исследований скрещивания у гороха с разными морфологическими признаками опубликовал в 1866 году моравский (чех) ученый Григор Мендель. Публикацию трудно было назвать теорией. Однако выводы по работам, которые пролежали забытыми до 1900 года, послужили основой современной науки о наследственности. Основным методом изучения наследственности и изменчивости является генетический анализ. В свою очередь, генетический анализ включает в себя несколько проверяющих методов.

Наследование признаков родительских пар в нескольких поколениях, изменчивость генов и их комбинация исследуются гибридологическим анализом. Этот метод анализа является основным при генетических исследованиях.

Материальная основа наследственности изучается цитологическим методом. Объединение цитологического и гибридологического анализа дает новый цитологический метод.

Неоценимой заслугой Менделя стало сформулированное им правило чистоты гамет, из которого следовало, что субстанция наследственности дискретна и в зиготе не смешивается с субстанцией, происходящей от другого родителя. Мендель ввел понятие зачатка признака, названного позднее Иоганнсенем геном, а наука о наследственности стала называться генетикой (Бэтсон).

В 1900 году учение Менделя напомнили миру, независимо друг от друга, трое учёных: де Фриз, Корренс и Чермак. С этого времени наблюдается очень быстрое развитие молодой науки. Несомненное влияние на нее оказали важные открытия в области цитологии, сделанные в конце прошлого столетия: открытие и описание хромосом (Вальдейер) и выявление механизмов клеточных делений (митоз и мейоз).

Первое 20 - летие XX века прошло под знаком многочисленных исследований скрещивания у животных и растений. Большинство этих экспериментов подтвердили закономерности расщепления, открытые Менделем. Однако, многочисленные случаи отклонения от ожидаемых Менделевских расщеплений заставляли некоторых исследователей сомневаться в справедливости или универсальности законов Менделя. Главным противником новой науки оказался Гальтон. Занимаясь наследованием некоторых признаков количественного характера, таких как рост и масса тела у человека, Гальтон не наблюдал Менделевских расщеплений, и поэтому одаривал дискретный характер наследственной субстанции. Спор школы Гальтона с последователями Менделя оказался в конечном счете плодотворным для развития генетики, так как после выяснения причин отклонений, статистические методы исследования наследственности были ими восприняты и стали основой развития новой ветви науки, называемой популяционной генетикой, которая нашла широкое применение в животноводстве и растениеводстве, а также в генетике человека.

Из законов Менделя следовало, что приобретенные признаки не наследуются. Только открытие мутаций и осознание существования наследственной и средовой (ненаследственной) изменчивости показала, что генетика не противоречит эволюции, но, напротив, может ее логически обосновать. Дарвинизм и Менделизм не исключают друг друга. Доказательство роли хромосом в процессах наследственности и создание так называемой хромосомной теории наследственности выпало на долю Моргана и его школы. В серии четко продуманных экспериментов, главным объектом которых была муха дрозофила, Морган не только доказал решающую роль ядра в процессах наследования, но и выяснил, что гены в хромосомах располагаются линейно, а кроме того, каждый ген занимает постоянное место в определенной хромосоме. Используя явления обмена гомологичными участками хромосом (кроссинговер), Морган сумел точно определить локус данного гена, положив,

таким образом, начало созданию хромосомных карт. Метод, использованный для этого Морганом, актуален и в наше время.

Несмотря на быстрый прогресс в первой половине прошлого столетия не удалось разрешить многих принципиальных вопросов генетики, прежде всего проблемы химической основы наследственной субстанции и связанного с ней характера генетической информации. Если обратиться к первой проблеме, то исходные данные были получены в 1914 г, когда Эвери, Мак-Леод и Мак-Карти в результате своих экспериментов выяснили, что дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), перенесенная из одной бактериальной клетки в другую, меняет некоторые наследственные свойства реципиента, сближая его с донором.

Когда исследования других ученых подтвердили роль ДНК в процессах наследственности, наступил быстрый и очень плодотворный период исследований этого химического соединения. В 1953 году была расшифрована молекулярная структура ДНК английским учёным Уотсоном и Криком, что послужило импульсом для дальнейших генетических исследований на молекулярном уровне. Успехи молекулярной генетики позволили понять не только то, как наследуются определенные признаки, но и многие механизмы этих процессов на молекулярном уровне.

Таким образом, историю развития генетической науки можно разделить на три этапа. Первый этап: открытие Г.Менделем закономерности наследования и изменчивости. Второй этап: открытие материальной основы наследственности, т.е. хромосомной теории. Третий этап: в развитии генетической науки использование методов химии, физики, математики, кибернетики и других естественных наук.

Материальные основы наследственности расположены в половых клетках и через них соединяются поколения растений и животных. Этот вид размножения называется половым. Кроме того существует вегетативное размножение. Например, картофель, черенки деревьев, виноградника и т.д. Однако здесь также поколения связывают клетки, т.е. они являются материальной основой.

Окружающий мир живого, частью которого является и человек, поражает внимательного наблюдателя своим огромным разнообразием. Мы настолько привыкли к этому многообразию видов животных и растений, что часто его не замечаем и осознаем эту очевидную истину лишь при встрече с необычными видами в крупных ботанических или зоологических коллекциях, в ботанических садах и зоопарках, в краеведческих музеях либо в других случаях, когда встречаемся с множеством организмов, нередко удивительных по форме, окраске и размерам. Это разнообразие организмов принято называть изменчивостью.

Известно несколько вариантов изменчивости. Один из них мутация. Это происходит в результате воздействия влияния внешнего фактора (среды) на одного или несколько генов, находящихся в хромосомах организма. Такая изменчивость сохраняется в следующих поколениях.

В результате комбинации разных генов изменяются признаки и свойства организма. Такая изменчивость называется комбинационной.

Как известно, в результате индивидуального развития организма изменяются морфологические, физиологические и биохимические свойства. Эти онтогенетические свойства обусловлены наследственностью. Такой вид изменчивости называется онтогенетическим или фенотипическим.

В результате изменения воздействия внешней среды иногда благоприятствует воздействию генов на организм. Эту изменчивость принято называть модификационной. Как известно, при модификационной изменчивости расположение генов не меняется, и поэтому такая изменчивость не передается на следующие поколения. Современная генетика превратилась в междисциплинарную науку, в развитии которой участвуют не только биологи, но и биохимики, биофизики, математики, физиологи, а также представители прикладных биологических дисциплин: полеводы, зоотехники, врачи и т.д.

Задачи современной генетики состоят не только в исследовании указанных теоретических проблем, раскрывающих перспективы и потенциал науки для познания координальных явлений природы. Перед генетикой стоят также и более близкие задачи, важные для достижения многих практических целей.

Как известно, сорт растения или порода животного - это есть средство производства в сельском хозяйстве. Высокопродуктивные сорта растений и породы животных повышают производительность труда. Хотя выведение сортов и пород - задача самостоятельной науки - селекции, которая не может развиваться без знания законов наследственности и изменчивости. Генетика раскрывает новые пути для селекции.

### **Тестовые вопросы.**

#### **1. Что изучает генетическая наука?**

А) наследственность Б) изменчивость В) наследственность и изменчивость Д) признаки и свойства

#### **2. Каковы основные методы изучения генетики?**

А) гибридологический, генеалогический, цитогенетический, онтогенетический  
Б) гибридологический, генеалогический, популяционный, цитогенетический, биохимический и биофизический, иммуногенетический, онтогенетический  
В) гибридологический, популяционный, цитогенетический  
Д) гибридологический, цитогенетический, иммуногенетический, онтогенетический

#### **3. Какой год является основой современной науки о наследственности?**

А) 1866 Б) 1900 В) 1914 Д) 1953

#### **4. Когда и кем был расшифрован молекулярная структура ДНК?**

А) В 1928 году Гриффитсом Б) В 1944 году Эвери  
В) В 1953 году Уотсоном и Криком Д) В 1962 году Ниренбергом и Очоа

#### **5. История развития генетической науки подразделяется на сколько этапов?**

А) 2 Б) 3 В) 4 Д) 5

## **6. Какой значение имеет генетика в практике?**

- А) генетика представляет собой теоретическую основу селекции растений, животных и микроорганизмов
- Б) методы генетической инженерии широко применяются в биотехнологии
- В) развитие современной медицины характеризуется неуклонно возрастающим применением генетических методов
- Д) все ответы правильны

## **7. В настоящее время генетика занимается изучением каких основных проблем?**

- А) проводятся обширные исследования в области генетической инженерии с целью получения в достаточном количестве инсулина, интерферона, антибиотиков, витаминов, незаменимых аминокислот, кормовых и пищевых белков, биологических средств защиты растений и т.д.
- Б) ставится задача разработать методы управления процессами мутаций, что дает возможность получать нужные наследственные изменения при создании новых штаммов микроорганизмов, сортов растений, линий и пород животных
- В) ведутся перспективные исследования по генокопированию у животных, т.е. пересадке в яйцеклетку, из которой удален собственный генетический материал, ядра, взятого из соматической клетки. Решается проблема защиты наследственности человека и животных от мутагенного действия радиации и химических мутагенов среды. Исследуются вопросы борьбы с наследственными болезнями у человека и животных, создания линий, пород устойчивых к болезням.
- Д) все ответы правильные

## **ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ**

### **План:**

1. Строение клеток. Основные функции органоидов клеток
2. Размножение организмов половое и бесполое размножение
3. Морфология хромосом. Кариотип
4. Способы деления клеток: митоз; мейоз; амитоз; эндомитоз и их биологическое значение

Все населяющие Земли живые организмы состоят из клеток: одноклеточные из одной клетки, многоклеточные из многих клеток, число которых может достигать нескольких миллионов и даже миллиардов. Из клеток построены все ткани и органы растений и животных. Клетке присущи все свойства живой материи. Поэтому ее можно назвать основной единицей структуры и функций живого, простейшей ячейкой жизни. Наука о клетке называется цитологией (от греч. cytos- клетка и logos-наука). История возникновения и развития цитологии неразрывно связана с изобретением микроскопа и совершенствованием микроскопических исследований.

Английский естествоиспытатель Р.Гук, рассматривая под микроскопом пробку обнаружил, что она состоит из отдельных замкнутых ячеек. Он называл их клетками. Это открытие, имевшее для биологии очень важное значение, Р.Гук в 1665 г. опубликовал в своей книге «Микрография».

В 1838 – 1839гг. немецкие ученый, ботаник М.Шлейден и зоолог Т.Шванн, изучая строение тканей растений и животных, независимо друг от друга пришли к выводу, что все живые организмы состоят из клеток.

В 1855 г. Р.Вирхов сформулировал положение, согласно которому любая клетка происходит только от предшествующей клетки путем деления. Так была обоснована клеточная теория строения живых организмов. Размеры клеток так же разнообразны, как и их формы. Диаметр их колеблется от нескольких микрометров до нескольких сантиметров. Например, диаметр куриного яйца достигает 6 см, яйца страуса -20-30 см. Длина нервной клетки, находящейся в спинном мозге человека, вместе с отростком, оканчивающимся в пальце руки, составляет 120-150 см.

В коре больших полушарий мозга человека содержится 14-15 миллиардов клеток, общее число клеток у человека превышает 200 миллиардов.

По метрической системе 1 мм равен 1 из тысячи долей 1 м ( $10^{-3}$  м) 1 из тысячи долей миллиметров (мм) - микрон или микрометр (мкм,  $10^{-6}$  м). Одна из тысячи долей 1 микрометра (мкм) соответствует 1 нанометру (нм,  $10^{-9}$  м). Мелкие объекты, например атомы и молекулы и их промежутки, измеряются ещё меньшими единицами измерения - Ангстремами ( $\text{Å}$ ).

1  $\text{Å}$  соответствует одна 10 миллионной доли 1 м, одна 10 тысячной доли = 1 мкм или одна 10 доли (0,1) нанометра ( $10^{-10}$  м).

Для того чтобы сравнивать отдельные компоненты клеток и молекул можно привести следующую информацию: величина атома - 1  $\text{Å}$  или 0,1 нм, аминокислоты - 1нм, молекула белка - 5-10 нм, вирусы – 10-100нм, бактерии- 0,3-0,9 мкм, эритроциты- 100 нм.

Длина хромосом от 0,2 до 50 мкм, диаметр от 0,2 до 2 мкм. Величина хромосом человека 1-10 мкм. Несмотря на огромное разнообразие растительных и животных клеток, все они состоят из цитоплазмы и ядра, заключенного в оболочку.

Цитоплазма - полужидкая коллоидная масса, состоящая из тончайших нитей, мембраны и зерен. Она заполняет все пространство клетки.

Ядро -это центр, управляющий всеми процессами жизнедеятельности клетки. В нем сосредоточены материальные носители наследственности всех признаков и свойств организма.

Рибосомы имеют очень небольшие размеры, всего от 150 до 0,035 мкм, поэтому их можно видеть только под электронным микроскопом. Рибосомы - своеобразные фабрики белка. В них, как на конвейере, происходит сборка из аминокислот белковых молекул. Они работают очень высокопроизводительно: за один час они производят белка больше своей массы.

Митохондрии - своеобразные силовые станции клетки. В них накапливается энергия, необходимая для поддержания всех процессов

жизнедеятельности организма: роста, передвижения, осмотических процессов и т.д.

Комплекс Гольджи накапливает в себе различные отбросы жизнедеятельности клетки, секреты, попавшие извне. Ядовитые вещества и избытки воды, подлежащие удалению из клетки.

Лизосомы - сферические частицы, диаметром около 0,4 мкм. Окруженные многопротеиновой мембраной, содержат большое число кислых гидролизом, способных гидролизовать любые биополимеры - белки, нуклеиновые кислоты, липиды, полисахариды.

Пластиды имеются во всех клетках зеленых растений. Существует три разновидности пластид: неокрашенные пластиды называются лейкопластами, окрашенные - хлоропластами и хромопластами.

Существуют два главных типа клеточной организации, различающиеся по степени их сложности: прокариотический и эукариотический. К первому принадлежат бактерии и сине - зеленые водоросли, ко второму - животные и растения, грибы, простейшие и все виды других водорослей, кроме сине-зеленых.

Прокариоты, доядерные организмы, имеют клетки небольших размеров (0,5- 3 мкм), они лишены ядерной мембраны, образуя так называемый «нуклеотид», и не содержат четко ограниченных мембранами органоидов. Прокариоты не имеют митотического аппарата и ядрышка.

Эукариоты - ядерные организмы, имеют четко ограниченное ядро, ядрышки, митохондрии, хлоропласты и другие органоиды. У них сильно развита сеть внутренних биологических мембран. Хромосомы эукариотов состоят из ДНК и белков - гистонов.

Клетка и ее структурные элементы составляют материальную основу размножения организмов. При огромном разнообразии форм размножения организмов, все они могут быть причислены к двум основным типам: бесполому и половому. При бесполом размножении воспроизведение потомства происходит от одной родительской особи путем образования спор, вегетативно. В первом случае новый организм возникает из одноклеточного образования споры. Споры у растений образуются в спорангиях. Таким способом размножаются грибы, папоротники, хвощи.

При вегетативном размножении потомство возникает от отделившихся от материнской особи участков тела - из корней, стеблей, или других вегетативных органов.

При половом размножении потомство дают две родительские особи. Каждая из них образует половые клетки, или гаметы, сливаются и образуют зиготу.

Особую форму полового размножения представляет партеногенез или девственное размножение. При партеногенезе новый организм возникает из яйца, развивающегося без оплодотворения. У растений развитие зародыша без слияния половых клеток получило названия апомиксиса.

Каждый вид растения и животных характеризуется определенным и постоянным числом хромосом, содержащиеся во всех клетках тела организма, не зависящая от величины организмов и уровня их организации.

Число хромосом во всех клетках организма двойное, диплоидное. Оно образуется от слияния двух половых клеток, в каждой из которых имеется одинарное, гаплоидное, число хромосом. Гаплоидный набор хромосом обозначают буквой  $n$ , диплоидный -  $2n$ .

Хромосома состоит из двух, по внешнему виду одинаковых, взаимноперевитых продольных половинок, называемых хроматидами. Хроматиды образованы из нуклеопротеидных нитей - хромонем, число которых в хроматиде различное. Хромонемы, в свою очередь, состоят из более мелких субъединиц - хромофибрилл. Хромофибриллы видимы лишь под электронным микроскопом, они представляют собой элементарные линейные субъединицы хромосом и состоят из ДНК.

В хромонемах различаются интенсивно окрашенные зерна, или дольки, состоящие из ДНК. Они получили название хромомер.

Места, которыми хромосомы прикрепляются к нитям веретена во время деления ядра, называются центромерами. С помощью центромер хромосомы прикрепляются к нитям ахроматинового веретена.

Перетяжка занимает в хромосоме определенное и постоянное положение, разделяя ее на два плеча, по относительной величине которых хромосомы делят на три типа: равноплечие (метацентрические), неравноплечие (субметацентрические), резконе равноплечие (ацентрические).

Некоторые хромосомы имеют вторичную перетяжку. Она отделяет основную часть хромосомы от её добавочного участка - спутника. На месте вторичной перетяжки, после клеточного деления, образуются ядрышки.

Гигантские (политенные) хромосомы образуются в результате явления, называемого политенией, когда число хромонем в хромосомах увеличивается, но образующиеся хроматиды не расходятся, расщепление хромосом не происходит, и они поэтому утолщаются, становясь крупными. Каждый организм имеет характерный для него набор хромосом, получивший название кариотипа. Кариотип - совокупность хромосом организма, характеризующийся их числом, величиной, формой, расположением центромер и др. Отличаясь большой специфичностью и постоянством, кариотип является очень важной видовой характеристикой организмов.

Клетка размножается делением, которое может происходить тремя способами - путем митоза, амитоза и мейоза.

Митоз представляет собой непрерывный процесс, в результате которого происходит с начало удвоение, а затем точное равномерное распределение наследственного материала, который содержится в хромосомах, между двумя вновь возникающими клетками.

Деление клеточного ядра влечет за собой деление всей клетки. Этот процесс называется цитокинезом. В течение митоза ядро проходит четыре фазы: профазу, метафазу, анафазу, телофазу. Состояние между двумя митозами называют интерфазой или интеркинезом.

Большую часть времени клетки находятся в состоянии интеркинеза, и лишь сравнительно недолго продолжается митоз. В общем митотическом цикле собственно митоз занимает  $\frac{1}{25}$  -  $\frac{1}{60}$  часть времени и у большинства клеток длится от 0,5 до 2 ч.

Предполагается, что в основе митотического цикла лежит процесс спирализации и деспирализации хромосом. Толщина хромосом в интерфазе очень малая, и хромосомы состоят из двух нитей хроматид, диаметр каждой из которых равен всего 0,01 мкм. Следовательно хромосомы в ядре не исчезают, а принимают форму длинных и тонких нитей, которые почти не видны.

Профаза - первая фаза деления ядра. В результате спирализации хромосомы уплотняются, укорачиваются и становятся отчетливо видимыми. К концу профазы хорошо заметно, что каждая хромосома состоит из двух тесно соприкасающихся друг с другом хроматид. Обе хроматиды соединяются одним общим участком центромерой и начинают постепенно передвигаться к клеточному экватору.

Из материала цитоплазмы и ядра в поздней профазе начинает формироваться веретено деления. Они обеспечивают в дальнейшем движение хромосом к полюсам клетки во время метафазы.

В метафазе хромосомы сильно уплотнены и приобретают определенную, характерную для данного вида форму. Все хромосомы располагаются в экваториальной плоскости ядра, свободные их концы направлены к центру ядра, образуя звезду.

В анафазе вслед за делением центромер начинается расхождение хроматид, ставших теперь отдельными дочерними, или сестринскими, хромосомами, к противоположным полюсам. Анафаза заканчивается сближением хромосом у полюсов, где они образуют фигуры похожие по внешнему виду на звезды. В конце анафазы начинается раскручивание (деспирализация) хромосомных нитей, и хромосомы, отошедшие к полюсам, в это время менее четко видимы.

В телофазе продолжается деспирализация хромосомных нитей, и хромосомы постепенно становятся более тонкими и длинными, приближаясь к тому состоянию, в котором они были в профазе. Обе новые дочерние клетки вступают в период интерфазы. Непосредственные причины, вызывающие деление клетки, недостаточно ясны. Наиболее вероятные из них заключаются в нарушении ядерно-плазменного отношения. При увеличении объема цитоплазмы в растущей клетке, это отношение уменьшается и ядро оказывается не в состоянии регулировать клеточные процессы. Такое неустойчивое состояние может дать толчок к началу деления.

Амитоз. Наряду с митозом существует и другой вид деления соматических клеток, так называемое прямое их деление, или амитоз, когда ядро клетки делится пополам простой перетяжкой. Путем амитоза делятся клетки, ряды простейших организмов, многие специализированные клетки, например клетки печени у животных; клетки стенок завязи паренхимы клубней у растений. Амитоз наблюдается при делении патологически измененных клеток, в частности раковых.

Мейотическое деление впервые было открыто в 1884 г. Оно существенно отличается от митоза и амитоза.

Мейоз состоит из двух быстро следующих друг за другом делений клеток. Одно из них называется редукционным, или первым мейотическим делением, при котором число хромосом уменьшается в 2 раза; второе - эквационным (равным), или вторым мейотическим делением, протекающим так же, как и митоз. Каждое из этих делений, как и обычный митоз, состоит из четырех фаз: профазы, метафазы, анафазы и телофазы.

Наиболее сложно протекает профазы первого деления. Она делится на пять последовательных стадий: лептоному, зигонему, пахиному, диплоному и диакинезу.

В заключительной стадии первого деления – диакинезе хромосомы благодаря спирализации утолщаются и укорчиваются, разрушается оболочка ядра, и наступает вторая стадия первого деления - метафаза, когда спаренные хромосомы, состоящие из четырех хроматид, располагаются в плоскости экватора веретены.

В анафазе спаренные гомологичные хромосомы, каждая из которых состоит из двух тесно связанных между собой хроматид, расходятся. Такие хромосомы называются диадами. К каждому полюсу отходит одна из хромосом каждой пары. Следовательно, в каждую из вновь образовавшихся дочерних клеток попадает половина хромосом материнской клетки, т.е. происходит редукция (уменьшение) числа хромосом. Сразу же, после первого деления и короткой телофазы, наступает интерфаза (промежуток времени между концом первого и началом второго деления), которая длится недолго.

В нее хромосомы входят уже удвоенными. Вслед за этим начинается второе деление мейоза. Оно проходит по типу митоза, повторяя все его фазы.

### **Тестовые вопросы:**

**1. При помощи какого органоида клетки происходит синтез белка?**

А) лизосома Б) митохондрия В) ядро Д) рибосома

**2. В каких клетках число хромосом диплоидное, а в каких гаплоидное?**

А) в соматических клетках диплоидное, а в половых- гаплоидное  
Б) в соматических и генеративных клетках число хромосом диплоидное  
В) в соматических и половых клетках число хромосом гаплоидное  
Д) в соматических клетках –гаплоидное, в генеративных – диплоидных

**3. Какие хромосомы называются гомологичными?**

А) равноплечие Б) со спутником В) похожие Д) не похожие

**4. Если в начале деления митоза в клетке было 12 хромосом, сколько их будет в конце деления?**

А) 6 Б) 12 В) 24 Д) 36

**5. Что означает кариотип?**

А) набор хромосом в соматических клетках организма  
Б) совокупность хромосом организма, характеризующееся их числом и формой  
В) диплоидное число хромосом

Д) совокупность генов организма

**6. В какой фазе митоза происходит репликация (самоудвоение) молекулы ДНК?**

- А) репликация ДНК происходит в метафазе
- Б) репликация ДНК происходит в профазе
- В) репликация ДНК происходит в телофазе
- Д) репликация ДНК происходит в интерфазе

**7. В чём причина уменьшения числа хромосом при делении мейоза?**

- А) происходит кроссинговер
- Б) в анафазе 2 мейоза к полюсам отходят хроматиды
- В) в анафазе 1 мейоза к полюсам отходят целые хромосомы
- Д) образование клеток после мейоза

**8. В какой стадии деления мейоза образуются биваленты?**

- А) при конъюгации гомологичных хромосом в профазе 1 мейоза
- Б) при конъюгации гомологичных хромосом в профазе 2 мейоза
- В) при конъюгации гомологичных хромосом в интерфазе 1 мейоза
- Д) при конъюгации гомологичных хромосом в метафазе 1 мейоза

**9. Что называется кроссинговером и когда он происходит?**

- А) обмен генами между гомологичными хромосомами в интерфазе 1 мейоза.
- В) обмен участками между гомологичными хромосомами в профазе 1 мейоза.
- С) сближение гомологичных хромосом в интерфазе 1 мейоза.
- Д) образование бивалентов в интерфазе 1 мейоза.

**10. В начале деления мейоза в клетке было 12 хромосом. Сколько их будет после деления?**

- А) 6 Б) 12 В) 24 Д) 36

## **ПОЛОВЫЕ КЛЕТКИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАЗВИТИЯ. ДВОЙНОЕ ОПЛОДОТВОРЕНИЕ**

План:

1. Цитологические основы полового размножения
2. Спортогенез и гаметогенез у растений
3. Оплодотворение у животных и растений
4. Нерегулярный типы полового размножения. Партогенез, гиногенез, андрогенез

Для сохранения каждого вида растений или животных необходимо, чтобы отдельные его представители размножались, порождая новых особей для замены тех, которые погибли от хищников, паразитов или старости. Связанные с этим процессы у разных животных чрезвычайно различны, но существует два основных типа размножения: бесполое и половое. В бесполом размножении участвует только одна родительская особь, которая делится или почкуется с

образованием двух или большего числа новых особей, идентичных по своим наследственным признакам родительской особи.

Даже высшие животные могут размножаться бесполом путем: образование однояйцевых близнецов при разделении одной оплодотворенной яйцеклетки-это своего рода бесполое размножение. В половом размножении участвуют две особи, каждая из которых дает специализированную клетку - гамету (яйцо или сперматозоид): гаметы сливаются друг с другом, образуя зиготу, или оплодотворенное яйцо. Яйцо, обыкновенно, представляет собой крупную неподвижную клетку, содержащую запас желтка, который служит источником питания эмбриона в случае, если яйцо будет оплодотворено.

Сперматозоиды обычно очень мелкие и подвижны: они снабжены хвостом, который позволяет им активно двигаться, приближаясь к яйцу. Биологическое преимущество полового размножения состоит в возможности рекомбинации лучших наследственных признаков обоих родителей, в результате чего потомство может быть более жизнеспособным, чем каждый из родителей. Процесс формирования половых клеток у растений подразделяется на два этапа: 1-й этап – спорогенез – завершается образованием гаплоидных клеток – спор; 2-ой этап – гаметогенез, или пыльцевых зерен, у растений называют микроспорогенезом, а процесс образования мегаспор (или макроспор) - мега или макроспорогенезом.

Рассмотрим микроспорогенез и микрогаметогенез на наиболее общем примере покрытосемянных растений. В субэпидермальной ткани молодого пыльника, называемой археспорием, каждая клетка после ряда делений становится материнской клеткой пыльцы, которая проходит все фазы мейоза.

В результате двух мейотических делений возникают четыре гаплоидные микроспоры. Они лежат четверками, их называют тетрадами спор. При созревании тетрады распадаются на отдельные микроспоры. Этим заканчивается микроспорогенез. Вслед за образованием одноядерной микроспоры начинается микрогаметогенез. Первое митотическое деление микроспоры приводит к образованию вегетативной и генеративной клеток. В дальнейшем вегетативная клетка и ее ядро не делятся. Генеративная клетка, содержащая меньшее количество цитоплазмы, вновь делится.

Это деление может осуществляться еще в пыльцевом зерне или в пыльцевой трубке. В результате образуются две мужские половые клетки, которые, в отличие от сперматозоидов животных, не способны к движению и называются спермиями. Таким образом, из одной споры с гаплоидным набором хромосом, в результате двух митотических делений образуются три клетки. Две из них - спермии и одна вегетативная. В субэпидермальном слое молодой семязачатки обособляется археспориальная клетка, часто только одна. Клетка археспория растет, превращаясь в материнскую клетку мегаспоры. В результате двух делений мейоза материнской клетки мегаспоры образуется тетрада мегаспор. Каждая из клеток тетрады гаплоидна. Однако, только одна из них продолжает развиваться, остальные три дегенерируют. На следующем этапе осуществляется мегагаметогенез. Оставшаяся функционировать мегаспора

продолжает расти, и затем ее ядро претерпевает ряд митозов. При этом сама клетка не делится, она образует зародышевый мешок.

У разных растений число митозов может варьировать от одного до трех. У большинства растений (70 % видов покрытосемянных) бывает три деления, в результате возникает восемь одинаковых ядер. Во время этих делений ядра занимают полярное положение, четыре из них оказываются лежащими ближе к микропиле (место проникновения спермиев), а четыре других - в противоположном конце зародышевого мешка, называемого халазальным.

Из четырех клеток, располагающихся у микропиле, три клетки - яйцеклетка и две так называемые синергиды - образуют яйцевой аппарат. Синергиды играют вспомогательную роль при оплодотворении, они скоро разрушаются. Четвертое ядро отходит к центру зародышевого мешка, где сливается с одним из ядер отошедшим от халазального конца. Слившиеся в центральной части два гаплоидных ядра образуют одно диплоидное - вторичное, или центральное, ядро зародышевого мешка. Оставшиеся у халазального конца зародышевого мешка три ядра обособляются в клетки, они называются антиподами.

Антиподы, так же как и синергиды, играют вспомогательную роль при развитии зиготы и вскоре разрушаются. Таким образом, в результате трех митотических делений в зародышевом мешке образуется 8 одинаковых гаплоидных ядер, из которых только одно образует яйцеклетку. Однако у различных групп растений этот процесс протекает весьма разнообразно. Оплодотворением принято называть побуждение яйца к развитию путем объединения в нем ядер (кариогамия) мужских и женских половых клеток. Оплодотворение представляет собой необратимый процесс: однажды оплодотворенное яйцо не может быть оплодотворено вновь. Сингамия (слияние мужских и женских половых клеток) и кариогамия составляют сущность процесса оплодотворения.

Процесс оплодотворения у животных можно разделить на несколько фаз. Первая фаза начинается с того, что сперматозоид либо прикрепляется к любой точке поверхности яйцеклетки, либо проникает в нее через микропиле. Момент соприкосновения головки сперматозоида с яйцом является начальным в цепи химических реакций. Эту фазу называют фазой активации яйца. Вторая фаза процесса оплодотворения начинается после проникновения в яйцо одного (моноспермия), а у некоторых животных и нескольких сперматозоидов (полиспермия). Проникший сперматозоид готовится к слиянию с женским ядром, и последующему митозу: ядро сперматозоида постепенно набухает и приобретает вид интерфазного ядра. Такое ядро называют семенным или мужским пронуклеусом. Ядро яйцеклетки, прошедший все фазы мейоза, готовое к слиянию с ядром сперматозоида, называют женским пронуклеусом.

В акте оплодотворения два гаплоидных пронуклеуса сливаются в одно ядро, образуя зиготу. В результате кариогамии гомологичные хромосомы, разошедшиеся в мейозе у предыдущего поколения, вновь воссоединяются в одном ядре зиготы. Так восстанавливается диплоидный набор хромосом при половом размножении. Оплодотворение у растений в принципе сходно с

таким у животных, но имеет и некоторые особенности. Как известно, микрогаметогенез завершается образованием двух спермиев, которые формируются или в пыльцевом зерне, или в пыльцевой трубке при прорастании пыльцевого зерна. Пыльцевая трубка, дорастая до микропиле зародышевого мешка, соприкасается с яйцевым аппаратом, яйцеклеткой и синергидами.

При соприкосновении конца пыльцевой трубки с синергидами пыльцевая трубка лопаются, а синергиды разрушаются. Передвигающиеся по пыльцевой трубке по мере ее роста два генеративных ядра – спермии, после разрыва трубки вместе с ее содержимым попадают внутрь зародышевого мешка. Из двух проникших в зародышевой мешок спермиев один спермий сливается с гаплоидным ядром яйцеклетки. Слияние ядра спермия с ядром яйцеклетки является собственно оплодотворением у растений. И в оплодотворенной яйцеклетке- зиготе восстанавливается диплоидное число хромосом. Из зиготы развивается зародыш семени.

У покрытосемянных растений, кроме зародыша в семени развивается дополнительный эмбриональный орган - эндосперм, который представляет собой питательное депо зародыша. Начало развития эндосперма обеспечивается вторым оплодотворением. Второй спермий пыльцевой трубки, попадая в зародышевый мешок, сливается с диплоидным ядром центральной клетки зародышевого мешка. При этом образуется клетка с тройным набором хромосом: два одинаковых набора хромосом материнского организма и один набор отцовского. Слияние одного спермия с яйцеклеткой, а другого с ядром центральной клетки называют двойным оплодотворением. Это открытие сделано в 1898 году русским ученым С.М.Навашиным.

К нерегулярным типам полового размножения можно отнести партеногенетическое, гиногенетическое и андрогенетическое размножение животных и растений. Партеногенез - это развитие зародыша из неоплодотворенной яйцеклетки.

Различают партеногенез соматический (диплоидный) и генеративный(гаплоидный). При соматическом партеногенезе яйце-клетка не претерпевает редукционного деления, или если и претерпевает, то два гаплоидных ядра, сливаясь вместе, восстанавливают диплоидный набор хромосом (автокариогамия). Таким образом, в клетках тканей зародыша сохраняется диплоидный набор хромосом. При генеративном партеногенезе зародыш развивается из гаплоидной яйцеклетки. Например, у медоносной пчелы, трутни развиваются из неоплодотворенных гаплоидных яиц путем партеногенеза.

Партеногенез у растений очень часто называют апомиксисом. Наиболее распространенным типом апомиксического размножения, является тип партеногенетического образования зародыша из яйцеклетки. При этом, чаще встречается диплоидный апомиксис (без мейоза). Наследственная информация и при образовании эндосперма, и при образовании зародыша получается только от матери. Очень сходно с партеногенезом, гиногенетическое размножение. В отличие от партеногенеза, при гиногенезе участвуют сперматозоиды, как стимуляторы развития яйцеклетки (псевдогамия), но оплодотворения

(кариогамия) в этом случае не происходит: развитие зародыша осуществляется исключительно за счет женского ядра. Прямой противоположностью гиногенеза является андрогенез. При андрогенезе развитие яйца осуществляется только за счет мужских ядер и материнской цитоплазмы.

Андрогенез может иметь место в тех случаях, когда материнское ядро почему-либо погибает до момента оплодотворения. Развитие андрогенных особей до взрослого состояния наблюдалось лишь у тутового шелкопряда и паразитической осы. Андрогенетическое размножение, как исключение, обнаружено и у некоторых растений (табак, кукуруза и т. д.).

### Тестовые вопросы:

#### 1. Как называется развитие половых клеток?

А) партеногенез Б) самоопыление В) гаметогенез Д) андрогенез

#### 2. Каким способом размножаются половые клетки?

А) простой деление Б) мейоз В) митоз Д) амитоз

#### 3. Что такое полиспермия?

А) полиспермия — это проникновение в зародышевый мешок несколько пыльцевых трубок

Б) полиспермия — это проникновение в зародышевый мешок одним пыльцевое трубки

В) полиспермия — это образование несколько пыльцевых трубок из одного пыльцевого зерна

Д) полиспермия — это слияние несколько пыльцевых трубок при их прохождении в тканях пестика

#### 4. В результате чего образуется эндосперм?

А) в результате слияния двух спермий.

Б) в результате слияния двух полярных ядер

В) в результате слияния яйцеклетки со спермой

Д) в результате слияния спермы и полярных ядер

#### 5. Как представлен мужской гаметофиту растений?

А) мужской гаметофит — это спермы

Б) мужской гаметофит- это зрелое пыльцевое зерно готовое к опылению и оплодотворению

В) мужской гаметофит- это генеративная клетка

Д) мужской гаметофит- это вегетативная клетка

#### 6. Из чего состоит женский гаметофит?

А) из тетради макроспор В) из всех частей пестика

С) из зародышевого мешка и выходящих в него ядер Д) из завязи и семязпочки

#### 7. Где происходит микроспорогенез?

А) в пыльниках Б) в пыльцевой трубке В) в зародышевом мешке Д) в пыльце

#### 8. Причины бесплодия гаплоидных растений?

А) причина бесплодия образование бивалентов в мейозе

Б) причина бесплодия нарушения в течение митоза

В) причина бесплодия нарушения оплодотворения

Д) причина бесплодия образование унивалентов в мейозе

## МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

План:

1. Химическое строение хромосом
2. Структура и функции нуклеиновых кислот
3. Опыты Ф. Гриффитса и О.Эвери
4. Репликация ДНК и его биологическое значение
5. Белки и аминокислоты
6. Транскрипция и трансляция
7. Генетический код
8. Синтез белка и его регуляция

Множеством разнообразных экспериментов, выполненных на различных видах растений и животных, было установлено, что именно хромосомы несут в себе информацию о признаках и свойствах организма, передающиеся от клетки к клетке, от одного поколения к другому.

Хромосомы состоят из белка и ДНК, которые соединены в них в общую надмолекулярную нуклеопротеидную структуру. Когда выяснялось, что материальные носители наследственности - гены находятся в хромосомах, встал вопрос о том, из каких же компонентов хромосом они состоят, т.е. какова их химическая природа? Выяснялось, что генетическая информация заключена в нуклеиновых кислотах. Доказательства хранения и передачи генетической информации нуклеиновыми кислотами, были получены в 1941 году Эвери и сотрудниками при работе с бактериями.

Ещё в 1928 году английский бактериолог Ф.Гриффитс наблюдал изменения наследственных свойств бактериальных клеток пневмококков под влиянием какого-то вещества, выделяющегося из других клеток. У пневмококков *Diplococcus pneumoniae* имеется два штамма хорошо различимых по внешнему виду и болезнетворным свойствам, клетки одного из них (S- штамм) заключены в капсульные оболочки, состоящие из полисахаридов, отличаются высокой вирулентностью, и вызывают у некоторых млекопитающих тяжёлое заболевание - инфекционную пневмонию. Клетки другого штамма (R- штамм) не имеют капсульных оболочек и неvirulentны. В опытах Ф. Гриффитса мыши, которым вводили вирулентный штамм, погибали. При введении неvirulentного штамма они оставались живыми. Клетки вирулентного штамма, предварительно убитые нагреванием, также не вызывали заболевание.

В этом опыте совершенно неожиданные результаты были получены у четвертой группы мышей, которым вводили смесь неvirulentных и вирулентных, но убитых нагреванием клеток. Эти мыши заболели инфекционной пневмонией и тоже погибали, как и мыши первой группы, которым вводили вирулентный штамм. В выделениях таких больных животных обнаруживались капсульные вирулентные клетки пневмококков, следовательно, взаимодействие неvirulentных и убитых нагреванием вирулентных клеток восстанавливало свойства и внешние признаки последних.

Происходила трансформация - передача особенностей одних клеток другим. Самое интересное в этих опытах заключалось в том, что трансформация происходила под влиянием какого-то вещества небелкового характера, поскольку клетки донора предварительно были убиты.

Ответ на вопрос, что представляет собой это вещество, посредством которого осуществляется бактериальная трансформация, был получен в 1944 году в экспериментах американских микробиологов-генетиков под руководством О.Эвери. Продукты, разрушенных капсульных клеток бактерий, были ими разделены на химические компоненты, каждый из которых оценивался на способность вызывать трансформацию признака капсульности. При этом обнаружили, что только одно вещество обладало способностью превращать бескапсульные клетки в капсульные. С помощью химических методов было показано, что этим веществом, обладающее высокой трансформирующей активностью, являлась чистая ДНК. Опыт проведенный в лаборатории О. Эвери, был многократно повторен в отношении трансформации признака капсульности и многих других наследственных признаков у бактерий, и получил полное подтверждение.

Нуклеиновые кислоты представляют собой очень крупные линейные полимеры, молекулы которых образованы цепочкой звеньев- нуклеотидов, каждый из которых состоит из трех компонентов, а именно из азотистого основания остатка, сахара и остатка фосфорной кислоты. Существует два основных класса нуклеиновых кислот - дезоксирибонуклеиновые кислоты (сокращенно ДНК) и рибонуклеиновые кислоты (сокращенно РНК). ДНК содержит сахар дезоксирибозу, а РНК – несколько отличный сахар - рибозу.

В состав ДНК входят четыре типа азотистых оснований: пурины – аденин и гуанин и пиримидины – цитозин и тимин. РНК имеет тоже четыре типа оснований, из которых три (аденин, гуанин и цитозин) такие же, как в ДНК, а тимин заменен здесь другим пиримидином – урацилом.

Кроме перечисленных главных азотистых оснований, в состав некоторых нуклеиновых кислот в небольшом количестве входят ещё другие азотистые основания, получившие название минорных. Так, у высших животных и высших растений в ДНК небольшая часть цитозинов заменена 5 – метилцитозином, в ДНК небольшая часть цитозин заменен 5 – оксиметилцитозином. В некоторых типах РНК в незначительном количестве встречаются псевдоуридин, метилгуанин и другие основания.

Пространственная конфигурация (конформация) молекул ДНК была установлена в 1953 году Уотсоном и Криком на основании рентгенографического исследования и биохимических данных. Согласно предложенной ими модели, подтвержденной позже множеством других работ, молекула ДНК состоит из двух нитей, образующих правовинтовую спираль с диаметром около 20 Å и шагом около 34 Å, каждый виток которой включает 10 пар нуклеотидов. Азотистые основания обеих нитей ориентированы в направлении к середине спирали, причем аденин одной нити – напротив цитозина другой нити.

В каждый из этих пар оснований соединены друг с другом водородными связями. Две такие связи имеются в паре аденин – тимин и три в паре гуанин – цитозин. Вследствие такой комплементарности азотистых оснований порядок чередования нуклеотидов в обеих нитях ДНК оказывается взаимообусловленным, а обе нити спирали расположены параллельно и представляют как бы реплики друг друга.

Комплементарность двух нитей молекулы ДНК приводит к тому, что число пуринов в ней равно числу пиримидинов, т.е. отношение  $A + G / C + T = 1$  (где А – аденин, Г – гуанин, Ц – цитозин и Т – тимин). Отношение же  $A + T / C + G$  в разных ДНК очень различно и характерно для каждой из них, почему его иногда называют коэффициентом специфичности ДНК.

Молекулы разных ДНК сильно различаются своими размерами, но все они очень крупные (макромолекулы) и состоят из огромного числа (тысяч, миллионов или миллиардов) мономеров – нуклеотидов, и соответственно этому, характеризуются очень большим молекулярным весом.

В отличие от ДНК молекулы РНК, как правило, однонитевые. Построены они аналогично нитям ДНК, только как уже говорилось, в сахарно- фосфатный состав их молекул входит не дезоксирибоза, а рибоза, и вместо тимина у них имеется другой пиримидин- урацил. В редких случаях, а именно у немногих из РНК-содержащих вирусов, молекулы РНК двунитевые, состоящие подобно молекулам ДНК, из двух антипараллельных и комплементарных друг другу нитей, соединенных водородными связями аденин- урацил и гуанин - цитозин.

В зависимости от функций, присущих молекулам РНК, все РНК могут быть разделены на несколько классов. Из них только РНК, находящиеся в РНК-содержащих вирусах, являются геномными, т.е. хранят и передают следующему поколению соответствующую генетическую информацию. Остальные РНК (рибосомальные РНК, матричные РНК, транспортные РНК и др.) выполняют функции, главным образом, связанные с реализацией генетической информации.

Размеры молекул РНК очень различны, но в общем они меньше молекул ДНК. К самым мелким относятся транспортные РНК, молекулы которых имеют вес около  $25 \times 10^5$  дальтонов и состоят из приблизительно 80 нуклеотидов. Геномные РНК вирусов относятся к самым крупным, молекулярный вес их может достигать десяти миллионов, а число нуклеотидов в молекуле – десятковтысяч.

При размножении любых форм жизни (кроме вирусов РНК- типа) происходит увеличение числа молекул ДНК. У многоклеточных организмов из двух слившихся гамет получают тысячи, миллионы или миллиарды клеток тела; у бактерий и простейших из одной родительской клетки возникают две, из них четыре и затем, в геометрической прогрессии, множество новых. Во всех случаях каждая исходная молекула ДНК, каким - то образом, дает начало огромному числу новых, причем сохраняются в неизменном виде все особенности, присущие ДНК данного живого существа и различные у разных из них. Одно из важнейших свойств ДНК - способность ее к самоудвоению (репликации). Если двойная спираль ДНК расплетется и на обеих нитях

начнется синтез новых нитей, то должны получиться две копии, полностью тождественные исходной молекуле ДНК. Это произойдет вследствие комплементарности азотистых оснований.

Предположение о таком матричном принципе репликации ДНК, высказанное Уотсоном и Криком, когда они установили двуспиральную структуру ее молекулы, было затем подтверждено множеством опытов, проведенных разными методами, и правильность его к настоящему времени прочно доказана.

Свойство самоудвоения, или самокопирования, молекул ДНК - уникальное. Им не обладают никакие другие молекулы химических веществ. Открытие этого свойства ДНК имело важное значение для объяснения, на молекулярном уровне, явлений наследственности, связанных с образованием в процессе размножения тождественных клеток.

Белки - обширный класс органических соединений, играющих важнейшую роль в жизнедеятельности организмов. Они входят в состав цитоплазмы, ядра и органоидов клеток. Белки-ферменты являются катализаторами биохимических процессов. Сократимые белки мышц обуславливают движение. Белки-антитела обуславливают защиту организма от инфекций.

Несмотря на многообразие белков, их молекулы имеют единый план строения. Как и нуклеиновые кислоты, они являются линейными полимерами, но мономерами для белков служат не нуклеотиды, а аминокислотные остатки. В состав белковой молекулы может входить до 20 различных аминокислот, которые приведены ниже. Аминокислоты могут соединяться друг с другом. При последовательном соединении многих аминокислот образуется цепь, называемая полипептидом. Молекулы белка представляет собой одну или несколько, связанных между собой, полипептидных цепей. Для каждого из многообразных белков характерна совершенно определенная последовательность аминокислотных остатков в полипептидных цепях, чем во многом обуславливаются свойства данного белка. Последовательность или порядок расположения аминокислотных остатков называется первичной структурой белка.

Аминокислоты входящие в состав белков, и их условные обозначения.

Аланин (ала)	Изолейцин (излей)
Арганин (арг)	Лейцин (лей)
Аспарагин (аспн)	Лизин (лиз)
Аспарагиновая кислота (асп)	Метионин (мет)
Валин (вал)	Пролин (про)
Гистидин (гис)	Серин (сер)
Глицин (гли)	Тирозин (тир)
Глутамин (глу)	Треонин (тре)
Глутаминовая кислота (глу)	Триптофон (три)
	Фенилаланин (фен)
	Цистеин (цис)

Первичная структура может быть моделирована различными способами. Для понимания изучаемого явления, т.е. генного контроля биосинтеза белков, можно воспользоваться простейшим видом моделирования, при котором последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи белка изображается в виде цепочки из условных обозначений аминокислот.

Например,           1       2       3       4       5  
                  гли - фен - мет - тир - гис –

ДНК участвует в синтезе всех белков, она определяет их строение и функции. Но целый ряд данных указывает на то, что сама ДНК непосредственно не может быть матрицей в синтезе белков. Во всех клетках, кроме бактериальных, почти вся ДНК находится в хромосомах клеточного ядра, но в то же время хорошо известно, что синтез белка идет главным образом в цитоплазме, где ДНК содержится в ничтожно малых количествах. Следовательно, уже сам факт пространственного разделения ДНК, находящейся в ядре, и белков, синтезирующихся в цитоплазме, указывает на существование какой-то промежуточной матрицы, переносящей генетическую информацию из ядра в цитоплазму к месту синтеза белков.

Прямые доказательства того, что непосредственно на ДНК белок не синтезируется и промежуточной матрицей в этом процессе несомненно служит РНК, были получены в опытах с использованием радиоавтографии. Совокупность большого числа фактов и наблюдений привела к формированию основного генетического постулата матричной теории наследственности, который схематически обычно выражается

Так: Репликация           ДНК транскрипция           РНК трансляция  
аминокислот           синтез белков.

Репликация-процесс самоудвоения ДНК, в котором роль матрицы играет сама молекула ДНК. При репликации молекулы ДНК размножаются путем самокопирования.

Транскрипция-перенос (переписывание) информации о нуклеотидном строении ДНК на РНК. Трансляция - процесс, в котором матрицей для биосинтеза белка служит РНК. Она определяет последовательность аминокислот во всех белковых, т.е. происходит считывание (трансляция) или перевод информации о нуклеотидном строении РНК на аминокислотное строение белка.

Следовательно, ДНК, входя в состав ядра клетки, благодаря свойству самоудвоения молекул, сохраняет свое количественное постоянство при делении клеток, определяет структуру и регулирует синтез, образующихся в клетке белков. Но молекулы ДНК не являются непосредственно матрицами в самом процессе синтеза белка. Сначала происходит перенос генетической информации о нуклеотидном строении ДНК на РНК. Затем последняя сама становится матрицей и в соответствии с информацией, полученной от ДНК, определяет последовательность соединения аминокислот в белковой молекуле.

Одна молекула и-РНК, как правило, несет информацию о строении одной полипептидной цепи. Как только заканчивается построение на ДНК - матрице цепи и-РНК, она сразу же переходит в цитоплазму и прикрепляется там к одной

из рибосом. Вслед за этим начинается синтез белка. Но прежде необходимо познакомиться с генетическим кодом.

Последовательность расположения азотистых оснований в ДНК, определяющая размещение аминокислот в синтезируемом белке, называется генетическим кодом, или кодом наследственности.

Для расшифровки генетического кода, прежде всего необходимо было выяснить, какое минимальное число нуклеотидов может определять (кодировать) образование одной аминокислоты. Если бы каждая из 20 аминокислот кодировалась одним основанием, то ДНК должна была бы иметь 20 различных оснований, фактически же их только четыре. Очевидно, сочетание двух нуклеотидов также недостаточно для кодирования 20 аминокислот. Она может кодировать лишь 16 аминокислот ( $4^2$  - 16 сочетаний). Сочетание же трех нуклеотидов дает 64 комбинации ( $4^3$  - 64 сочетания) и, следовательно, способно кодировать более чем достаточное число аминокислот для образования любых белков. Такое сочетание трех нуклеотидов называется триплетным кодом. В триплетном коде аминокислоты кодируются тройками оснований (например, УУУ, ЦГЦ, АЦА и т.д.). Участок цепи ДНК из трех нуклеотидов, определяющий включение в белковую молекулу строго определенной аминокислоты, называется кодоном.

После обоснования принципа генетического кода необходимо было экспериментальным путем установить, какие конкретные триплеты кодируют каждую из 20 аминокислот. Начало решения этой сложной задачи было положено в опытах американских биохимиков М. Ниренберга и Дж. Маттеи. Затем, последовательно комбинируя в синтетических РНК по три основания из четырех, в лабораториях М. Ниренберга и С. Очоа в 1962 году был расшифрован состав нуклеотидных триплетов для всех 20 аминокислот, входящих в состав белковых молекул. Когда были расшифрованы триплеты для всех аминокислот, входящих в молекулы белков, оказалось, что большинство из них кодируются не одним, а двумя, тремя, даже четырьмя различными триплетами. Например, метионин кодируется одним триплетом (АУГ), лизин – двумя (ААА и ААГ), изолейцин - тремя (АУУ, АУЦ и АУА), серин - пятью триплетами (УЦУ, УЦЦ, УЦА и УЦГ).

Одна молекула и-РНК транскрибирует последовательность нуклеотидов с отрезка ДНК, равного одному гену, и переносит эту информацию на последовательность расположения аминокислот в полипептидной цепи одного белка. Информационная РНК, проникнув из ядра в цитоплазму и прикрепившись к рибосомам, начинает действовать по отношению к белкам, как матрица.

Процесс синтеза белка состоит из четырех последовательных стадий, или этапов. В первом этапе активируются аминокислоты, за счет взаимодействия их с аденозинтрифосфорной кислотой (АТФ). Возникает соединение, в котором весь запас энергии АТФ переходит на аминокислоту, становящуюся при этом более активной. Второй этап связан с переносом, или транспортировкой, активированных аминокислот к рибосомам. Эту функцию выполняет

транспортная РНК (т-РНК), молекула которой по сравнению с молекулой и-РНК небольшая, она содержит всего 70-80 нуклеотидов.

Для каждой аминокислоты существует своя особая т-РНК. Следовательно, не менее двадцати разновидностей т-РНК - по одной для каждой из двадцати аминокислот, из которых строятся различные белки.

Третий этап начинается построением аминокислот в порядке, определяемом чередованием нуклеотидов ДНК на и-РНК матрице, и заканчивается замыканием пептидных связей в молекуле белка. Происходит этот процесс в рибосомах с участием фермента пептид- полимеразы.

### Состав нуклеотидных триплетов

Первый нуклеотид	Второй нуклеотид				Третий нуклеотид
	У	Ц	А	Г	
У	фенилаланин	Серии	Тирозин	Цистин	У
	фенилаланин	Серии	Тирозин	Цистеин	Ц
	лейцин	Серии	Терминатор	Терминатор	А
	Лейцин	Серии	Терминатор	Тирозин	Г
Ц	Лейцин	Пролин	Гистидин	Аргинин	У
	Лейцин	Пролин	Гистидин	Аргинин	Ц
	Лейцин	Пролин	Глицин	Аргинин	А
	Лейцин	Пролин	Глицин	Аргинин	Г
А	Изолейцин	Треонин	Аспарагин	Серии	У
	Изолейцин	Треонин	Аспарагин	Серии	Ц
	Изолейцин	Треонин	Лизин	Аргинин	А
	Метионин	Треонин	Лизин	Аргинин	Г
Г	Валин	Аланин	Аспарагин	Глицин	У
	Валин	Аланин	Аспарагин	Глицин	Ц
	Валин	Аланин	Глутамин	Глицин	А
	Валин	Аланин	Глутамин	Глицин	Г

**Примечание.** Охр и Янт - кодоны, которые, вероятно, определяют начало и конец синтеза полипептидной цепи. Названия им даны от названий соответствующих мутантов.

Рибосомы построены из белка и рибосомной - РНК (р-РНК). Функции р - РНК пока точно не выяснены. Предполагается, что неспаренные основания р - РНК участвуют, в связывании т-РНК и и-РНК. Рибосомы связаны между собой в группы или агрегаты, называемые полисомами. На полисоме одновременно синтезируются четыре полипептидные цепи одного и того же белка. Молекулярная скорость трансляции и транскрипции огромна - около 1000 триплетов и-РНК в одну минуту на одну рибосому.

В четвертом этапе линейная молекула полипептидной цепи приобретает объемную структуру. Под влиянием, возникающих водородных связей, полипептидная цепочка скручивается в спираль и белковая молекула принимает биологически активную конфигурацию.

Таким образом, наследственная информация, все признаки и свойства организма сохраняются в молекулярной структуре ДНК, а реализуется наследственность в процессе биосинтеза белка.

### **Тестовые вопросы:**

#### **1. Химический состав нуклеотида молекулы ДНК?**

- А) азотистое основание, рибоза, фосфорная кислота
- Б) азотистое основание, дезоксирибоза, фосфорная кислота
- В) тиамин, сахароза, фосфорная кислота
- Д) азотистое основание, урицил, фосфорная кислота

#### **2. Одна цепочка молекулы ДНК состоит следующих азотистых оснований АТГА ЦТТГАГАЦ. Какая последовательность азотистых оснований будет у РНК?**

- А) ЦАЦЦГГТЦЦТГБ) УАЦУГГАЦУЦЦГВ) УАЦУГГАЦТЦТГ
- Д) ЦАЦЦГГАЦЦЦЦГ

#### **3. Функция мРНК?**

- А) Переносит наследственную информацию ДНК к митохондриям
- В) Переносит наследственную информацию ДНК к рибосомам
- С) Переносит аминокислот к рибосомам
- Д) Переносит наследственную информацию из цитоплазмы в ядро

#### **4. Что называется триплетом?**

- А) три азотистых оснований кодирующие одну аминокислоту
- Б) три аминокислоты в молекуле
- В) три аминокислоты закодированный на рибосомах
- Д) три аминокислоты, привнесённые к митохондриям

#### **5. Что называется транскрипцией?**

- А) перенос аминокислот нуклеотидами и РНК
- Б) перенос информации о нуклеотидном строении ДНК в РНК.
- В) перенос аминокислот к митохондриям при помощи РНК
- Д) перенос аминокислот к рибосоме при помощи РНК

## **ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ**

### **План:**

1. Генетическая инженерия на уровне клеточном и на организменном уровне
2. Генетическая инженерия в природе
3. Искусственное получение рекомбинантов (химерных) молекул ДНК

#### 4. Практические достижения и перспективы генетической инженерии и биотехнологии

Молекулярная биология и генетика входят в эпоху активного и целенаправленного конструирования наследственности организма, создания искусственных форм. Это имеет неопределимое значение для медицины, сельского хозяйства и промышленности.

Технология преобразования живых организмов названа генетической инженерией. Объектами для моделирования являются вирусы, грибы, бактерии, растения, животные и клетки человека.

История возникновения этой области связана с попытками изменить кариотипы клеток и особей путем скрещивания, изменения числа хромосом искусственной мутацией. Ещё в 1934 г. при помощи рентгеновского облучения были получены Н.П.Дубининым особи с измененными хромосомами по заданной модели (Дубинин Н.П. 1934). А затем эти работы были продолжены в исследованиях У.Сирса (1956), когда при помощи рентгеновского облучения перенос участка хромосомы эгилопса с геном устойчивости к ржавчине в хромосом мягкой пшеницы. В результате получена форма мягкой пшеницы устойчивая к листовой ржавчине. В 1971 г. В.А.Струнников применил к шелкопряду перестройку на генном и хромосомном уровнях, добился транслокации между аутосомой и половой хромосомой.

Генетическая инженерия на уровне клеток, т.е. соматическая гибридизация была показана в 1960 г. Ж.Барским, когда были объединены генетическая информация двух родительских клеток мышей. Позже, в 1965 г. Харрис обнаружил, что если в смесь клеток ввести частицы РНК - вирусы парагриппа типа Синдай, то происходит слияние клеток и последующее слияние друг с другом.

Это позволяет гибридизировать клетки далеких форм, как мышью и человеком, раковая клетка человека и нормальная клетка.

При дальнейшем размножении происходит элиминация хромосом человека. Это помогает проследить за исчезновением или сохранением определенных биохимических свойств мутантных клеток. Установить связь определенных генов с определенной хромосомой.

Получены гибриды между растительными клетками, благодаря слиянию их протопластов в результате обработки инактивированным вирусом (Синдай). Растительные модели отличаются от животных тем, что из слившихся двух клеток можно вырастить целое растение в пробирке, так называемые парасексуальные гибриды (соматические). Это открывает большие перспективы в деле получения новых межвидовых гибридов.

Впервые слияние протопластов между овсом и кукурузой получено в 1970 году.

В пробирке успешно выращиваются клетки растений многих видов (табак, морковь, пшеница, ячмень, ель, женьшень). Так, выращивать женьшень очень трудно. Для того, чтобы получить 50 гр. корня женьшеня нужно 50 лет, а на специально созданных плантациях 6 лет, в пробирке всего 6-7 недель.

На организованном уровне генетической инженерии разрабатываются методы искусственного оплодотворения яйцеклеток млекопитающих и человека в пробирке. Опытами перенесены ядро одной клетки в другую, обеспечено слияние в одно целое нескольких эмбрионов на разных стадиях, дробление их на несколько частей и т.д.

Получены аллофенные мыши, особи содержащие разные ткани. Например из клеток бластулы черных и белых мышей получены полосатые аллофенные мыши.

Большие перспективы сулит пересадка ядер из соматических клеток высокопродуктивных животных в зрелые яйцеклетки, т.е. клонирование путем пересадки ядер.

Для генетической инженерии на уровне соматических клеток имеет значение введение в клетку отдельных хромосомиз других клеток. Эти хромосомы могут проникнуть в чужеродную клетку, и их гены могут функционировать. Так, например из 1 млн. клеток в одном случае хромосома хомячка проникает в клетки мыши и обеспечивает синтез фермента.

Инженерия на клеточном и организменном уровнях реконструирует целые геномы, участки или целые хромосомы. Это ограничивает целенаправленное изменение наследственных свойств клеток и организмов. Целью генетической инженерии является создание рекомбинантных ДНК, придание организму новых, полезных для человека свойств. Такие процессы широко распространены в природе. Вирусы, фаги, бактерии способны передавать свой генетический материал другим организмам. Например: возьмем два микроорганизма, отличающихся друг от друга способностью вырабатывать болезнетворный токсин. Меняем хозяев-обладателей этими генами, т.е. заменим здоровый ген в клетке больным и наоборот. Гены придадут новым хозяевам свои свойства. Такие процессы происходят в природе постоянно.

Термин генетическая инженерия появилась в 1970г., а генетическая инженерия как самостоятельная дисциплина возникла в декабре 1972 г., когда ученые Джексон, Симонс и Берг из Ситенфорского Университета впервые получили рекомбинантную молекулу ДНК. Эта гибридная молекула состояла из фрагментов ДНК обезьяньего вируса и ДНК бактерии кишечной палочки.

Существующие в природе процессы, подобные генетической инженерии, осуществляют рекомбинацию родственных ДНК. Эти рекомбинации получаются сравнительно легко. Задачей генетической инженерии является рекомбинация неродственных ДНК, взятых от неродственных видов. Однако, в природе этот процесс не наблюдали. Если чужеродная ДНК попадает в бактериальную клетку, то она тут же разрушается ферментами хозяйской клетки, при этом молекула ДНК разрезается при помощи фермента рестриктазы.

Для того, чтобы искусственным путем ввести в организм новый ген или группу генов для трансгенеза, которые могли бы там работать и производить белки, сначала надо получить «чистые гены». Существует несколько способов получения «чистых» генов.

Химиико – ферментативный способ синтеза генов применяется для получения некоторых участков ДНК. Для получения сложных генов, этот метод не совсем пригоден, кропотлив. Ученые нашли более простой способ выделения нужных генов. Выяснилось, что гены можно синтезировать, используя в качестве матрицы м-РНК. Раньше считали, что нить ДНК может быть синтезирована только на нити ДНК при помощи фермента полимеразы.

Однако оказалось, что некоторые опухолевые вирусы могут синтезировать ДНК, используя в качестве матрицы м-РНК. При помощи фермента - обратная транскриптаза. Автором этого открытия является Г.Темин (1972 г., лауреат Нобелевской премии)

Вторым, более распространенным способом получения «чистого» гена является выделение его прямо из ДНК с помощью двух операций «разрезания» и «сшивания», где роль ножниц и иголок выполняют особые белки- ферменты, которые являются биологическими катализаторами различных процессов и реакций в клетке. Широко, в генетической инженерии, используется в качестве «ножниц» - рестриктазы, их около 400, а в качестве «иголки» для соединения - лигазы. При этом рестриктазы делают разрез молекулы ДНК в строго определенном месте

Она узнает определенную последовательность нуклеотидов, прикрепляясь к ней делает по одному однонитевому надрезу с обеих сторон, тогда двойная нить разрывается на два отрезка с однонитевыми «липками» комплементарными концами. При помощи ферментов можно перекраивать гены по усмотрению исследователя: удлинять, укорачивать, разрезать в нужном месте, выделять молекулу ДНК.

Кроме этого, найдены бактериофаги и другие генетические структуры, которые не имеют строго определенной локализации, способны внедряться во многие места хромосомы и высвободиться из нее, захватывая части, с их помощью может быть выделен любой ген.

Эти структуры названы - транспозонами. Транспозоны могут переносить гены с одного участка хромосомы в другой.

Для получения молекулы ДНК берется плазмидная и чужеродная ДНК, и обе они обрабатываются ферментом рестриктазой. В молекуле плазмид образуются разрывы при этом кольцевая молекула превращается в линейную. Рестриктаза разрезает, также, чужеродную ДНК. Обе разрезанные ДНК смешиваются и обрабатываются лигазой, что способствует соединению двух ДНК, и образуется рекомбинантная плаزمид (рекомбинантная ДНК). Вся смесь молекул ДНК вводится в бактериальную клетку (напр. Е.Коли), затем эти клетки помещают на твердую питательную среду с антибиотиками: ампицилином и тетрациклином, и на среду только с ампицилином. Этот посев производят с целью отбора гибридных ДНК, основываясь на том, что гибридные молекулы будут расти в среде с ампицилином, но не будут расти в среде с двумя антибиотиками, т.е. ген тетрациклиновой устойчивости в плазмиде поврежден вставкой. Затем химерные ДНК размножают.

Векторами могут быть плазмиды, бактериофаги и транспозоны. В опытах по переносу генов в животные клетки используют вирусы растений или

плазмиды фитопатогенных бактерий, вызывающих опухоли у растений, ДНК которых способны встраиваться в ДНК растительных клеток. Как выше говорилось, плазмиды широко распространены среди бактерий.

Плазида обычно состоит из 3-10 тыс. нуклеотидов. Плазмиды могут размножаться до 1000-3000 при действии на клетку антибиотиком хлорамфениколом. Это очень важный момент, который позволяет получить вставленный в плазмиду чужеродный ген в больших количествах. В плазмиду можно вставлять фрагменты чужеродной ДНК размером не более 10-15 тыс. нуклеотидов.

Основным достижением генетической инженерии является размножение больших количеств генов в бактериальной клетке, что имеет непосредственное значение для промышленности при получении ферментов лекарств и других продуктов. Бойер в 1977г. синтезирует инсулин человека и гормон роста - соматотропин, который применяется при замедлении роста у детей. Получение человеческого гормона весьма трудно, трудности преодолены, благодаря тому, что он будет синтезироваться кишечной палочкой и стоимость гормона может быть уменьшена в 100 раз.

Широко развивается ферментная промышленность, ферменты необходимы в животноводстве для увеличения их привеса, а введение их больному устраняет закупорку кровеносных сосудов тромбами, обработка мяса ферментами улучшает вкусовые качества, стиральные порошки улучшаются от добавки к ним ферментов, улучшают качество теста и хлеба. Синтез ферментов достигается многократным копированием рекомбинантной плазмиды в клетке. Разработана технология синтеза белков для животноводства, углеводородах нефти под руководством русского академика Г.К.Скрябина.

Уже есть в природе вакцины, созданные генной инженерией против ящура. Испытывается вакцина против гепатита Б. Благодаря методам генетической инженерии решается проблема биологической фиксации атмосферного азота. Известно, что человек и животные получают азот из животной и растительной пищи, главным образом в форме аминокислот (азотистое основания). А большинство растений извлекают азот из почвы, поэтому для получения высоких урожаев необходимо вносить азотистые удобрения.

В мире мало азотсодержащих минералов, поэтому получают азот из воздуха для удобрений. Использовать азот из воздуха могут только микроорганизмы, если растения хорошо растут на бедных азотом почвах, значит они состоят в симбиозе с азотофиксирующими бактериями. Растения доставляют микробам пищу, а взамен - азот. Такими растениями являются бобовые, а издревесных только ольха и некоторые кустарники.

Методами генной инженерии хотят в хромосому возделываемой культуры ввести ген бактерии сольмонеллы, который обеспечивает синтез нужного фермента, т.е. ген бактерии невосприимчив к гербицидам. Ген бактерии сольмонеллы уже введен в геном петунии и табака, и эти растения стали устойчивыми к тотальным гербицидам. Кроме этого, благодаря специалистам генной инженерии выведены безвредные для растений бактерии, обитающие в

корнях и поражающие насекомых вредителей, или ген диких предков томатов введен в сорта, которые приобрели устойчивость к вирусным инфекциям.

Достижения и перспективы генной инженерии жизненно важны ещё в том плане, что они решают проблему биосферы и человека. Созданием растений, которые позволяют резко сократить применение удобрений и ядохимикатов генетики вложили неоценимый вклад в борьбу за чистоту биосферы.

Для медицины достижения генной инженерии имеют большое значение. Известны около 1000 разных наследственных заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ, из них в 100 случаях установлены какие ферменты, гормоны или др. белки затронуты мутацией. По данным Всемирной Организации Здравоохранения, сейчас более 10% дети рождаются с генетическими дефектами. Генотерапия может сделать человека здоровым, когда смогут ввести в клетки человека нормальный ген для восстановления недостающей функции.

Таким образом, генетическая инженерия успешно развивается и приносит пользу человечеству. Однако, ряд ученых работающих в этой области выразили опасения по поводу возможного риска.

Действительно, если случайно в природную среду попадут сконструированные в лабораториях бактерии, содержащие гены злокачественных новообразований, то возможно непоправимое. Бактерии могут распространяться и передать свойства болезнетворным, и тогда трудно будет вылечить инфекционные болезни.

### **Тестовые вопросы:**

#### **1. Понятие о генетической инженерии?**

- А) Генная инженерия – это технология преобразования живых организмов
- Б) Генная инженерия – это изменения, происходящие в соматической клетке
- В) Генная инженерия – это изменения, происходящие в половых клетках
- Д) Генная инженерия – это создание искусственных форм растений

#### **2. Что означает термин «трансформация»?**

- А) способ обмена генетической информацией между клетками
- В) это ДНК проникающая в клетке
- С) обмен генами между хромосомами
- Д) перенос генов с помощью фагов в хромосом

3. Генетическая инженерия как самостоятельная дисциплина возникла в каком году?

- А) 1970 В) 1972 С) 1974 Д) 1976

4. Кем был открыт синтез ДНК при помощи ферменты обратная транскриптаза?

- А) Джексоном В) Симоном С) Бергом Д) Тёминном

5. Сколько рестриктаз используется в генетической инженерии?

- А) 200 В) 300 С) 400 Д) 500

6. Какая функция транспозон?

- А) транспозоны разрезают ДНК

В) транспозоны могут переносит гены с одного участка хромосомы в другой

С) транспозоны удлиняет молекулы ДНК

Д) транспозоны синтезируют рестриктазы

7. Из скольких нуклеотидов состоит плазмиды?

А) из 3-10 тысяч В) 10-12 тысяч С) 13-14 тысяч Д) 15-16 тысяч

8. Когда и кем было разработано биотехнология создания клонов высших животных?

А) 1975 году Келёром В) 1976 году Мильштейном

С) 1977 году Дж. Гордоном Д) 1978 году Бойером

## **ЗАКОНЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ПРИ ВНУТРИВИДОВОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ. МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ.**

План.

1. Методика примененная Г.Менделем

2. Явление доминирования

3. Расщепления гибридов второго поколения

4. Закономерности наследования при внутривидовойгибридизации и их значения в селекции

Основные закономерности наследования впервые были разработаны Грегором Менделем. Как известно, любой организм обладает многими наследственными признаками. Наследование каждого из них Г. Мендель предложил изучать независимо от того, как наследуются другие. Метод, спомощью которого Мендель изучал наследственность у гороха, заключается в следующем.

1) Сорты гороха, выбранные для скрещивания, различались между собой хорошо заметными признаками. При размножении эти признаки стойко наследовались. Контрольная проверка чистоты избранных для скрещивания сортов проводилась в течение двух лет.

2) Скрещивались сорта, отличающиеся по одной или небольшому числу пар контрольных (аллеломорфных) признаков, например желтая и зеленая окраска семян, гладкая и морщинистая форма их, красная и белая окраска цветков, низкий и высокий рост и др. в опытах Г.Менделя с горохом изучалось наследование по семи парам признаков.

3) Проводился точный количественный учёт растений по каждойпаре изучаемых признаков, в каждом скрещивании производился анализ потомства в последовательном ряду поколений.

Методика, примененная Г.Менделем, при изучении иявлений наследственности у гороха, составляет сущность метода генетического (гибридологического) анализа. Генетический анализосновной и специфический метод генетики.

В результате окрашивания растений или животных, имеющих по тем или инымпризнаком наследственные различия, получают гибридные организмы,

или гибриды. Скрещивания, в которых родительские формы отличаются по одной паре признаков, называются моногибридными, при различии по двум парам признаков - дигибридными, а если число признаков больше - полигибридными. Успешное применение метода генетического анализа позволило Менделю сформировать ряд важнейших закономерностей и правил, которым подчиняется наследование признаков и свойств всех организмов при внутривидовой гибридизации.

Родительские формы обозначают буквой Р (от лат. Parents- родители), женский пол - знаком ♀, мужской - ♂, скрещивание - X, гибридные поколения – буквой F<sub>1</sub>(от лат. Filialis– сыновний) с соответствующими цифрами- индексами (F<sub>1</sub>-первое, F<sub>2</sub>- второе, F<sub>3</sub>- третье поколение, F<sub>b</sub>- возвратное скрещивание и.т.д.).

При опылении красноцветного гороха пыльцой, взятой с растений с белыми цветками, все гибриды первого поколения имели красную окраску цветков. Такие же результаты были получены при обратном скрещивании, когда белоцветные растения опылялись пыльцой красноцветковых. Следовательно, все гибридные растения первого поколения имели одинаковую красную окраску цветков, т.е. были по этому признаку единообразны.

Единообразие гибридов первого поколения наблюдалось Г.Менделем во всех скрещиваниях, которые он проводил. Это дало ему основание сформировать одну из основных закономерностей наследования - правило единообразия гибридов первого поколения.

Признак, проявляющийся у гибридов первого поколения, в данном случае красная окраска цветков, Г.Мендель назвал доминантным (от лат. dominans - господствующий, подавляющий), а не проявляющийся, в данном опыте белая окраска цветков, рецессивным (от лат. Recessus- отступающий, подавляемый).

Подавление у гибридных организмов одних признаков другими получило в генетике название доминирования. Но, при скрещивании крупнолистного сорта гороха с мелколистным, гибриды первого поколения имели листья средней величины. Следовательно, доминирование в данном случае было неполным и, наследование по этим признакам носило промежуточный характер. В дальнейшем выяснилось, что неполное доминирование и промежуточное наследование при скрещивании различных организмов наблюдается довольно часто.

Очень хорошо это явление неполного доминирования проявляется у львиного зева (*Antirrhinum majus*) и ночной красавицы (*Mirabilis jalapa*). У них гибриды от скрещивания красноцветковых растений с белоцветковыми имеют промежуточную розовую окраску.

Большое число наблюдений и специально поставленные опыты показывают, что доминирование - сложное явление. Оно может видоизменяться под влиянием внешних условий, возраста, пола, особенностей самого организма, а также других наследственных факторов.

Все семена гибридов первого поколения Г.Мендель собирал и высевал для размножения. В выращенном из них втором гибридном поколении уже не наблюдалось единообразия: часть растений имела один, часть - другой признак данной пары. Подсчеты показали, что на три красноцветковых растения

приходилось одно белоцветковое. Это соотношение не представляло исключения. Оно наблюдалось по всем другим парам признаков, участвующих в скрещивании. Закономерность в распределении доминантных и рецессивных признаков у гибридов второго поколения в кратном соотношении 3:1 Г.Мендель назвал правилом расщипления.

Для объяснения сущности явлений единообразия гибридов первого поколения и расщипления признаков у гибридов второго поколения Г.Мендель предложил гипотезу чистоты гамет, по которой развитие любого признака организма определяется соответствующим ему наследственным фактором (в современном понимании - геном).

Для обозначения наследственных факторов, участвующих в скрещиваниях Г.Мендель предложил буквенную символику, применяемую с тех пор во всех генетических работах. Доминантные гены стали обозначать заглавными, а соответствующие им рецессивные гены - строчными буквами алфавита. Если доминантный ген красной окраски обозначить буквой А, то рецессивный ген белой окраски должен быть обозначен буквой а.

Гибридные растения первого поколения развиваются в результате слияния гамет с доминантным геном от красноцветковой формы и с рецессивным геном от белоцветковой. Поэтому, они одновременно имеют и ген красной и ген белой окраски цветков. Так как ген красной окраски доминирует над геном белой, то все гибриды первого поколения оказываются красноцветковыми.

Гибриды первого поколения, однородные с красноцветковыми по фенотипу внешнего вида (видимым признакам) в своем генотипе (наследственной основе) несут гены, обуславливающие развитие разнородных по окраске цветков – красных и белых.

При образовании гамет любая из них может получить или доминантный ген А, или рецессивный ген а. Соединение гамет с генами А и а в гибридном организме не вызвало их смешения или слияния. Гены А и а в гаметах, образуемых гибридными организмами первого поколения, остаются такими же отдельными, какими они были у исходных родительских форм. В этом и заключается чистота гамет в отношении одной пары аллельных генов.

Было установлено, что гены одной пары признаков находятся в одинаковых точках гомологичных хромосом. Такие гены получили название аллельных. Аллельность одно из важнейших понятий в генетике. Оно имеет такое же значение, как понятие валентности в химии. Высказанная Г.Менделем гипотеза чистоты гамет не только не потеряла с течением времени своего значения, но стала одним из важнейших законов генетики.

Исходя из положения закона чистоты гамет, рассмотрим явление доминирования, правило единообразия гибридов первого поколения и расщипления их во втором поколении, на примере моногибридного скрещивания красноцветкового гороха с белоцветковым.

Родительские формы

$P \text{♀} AA \times \text{♂} aa$   
Красноцветковые      белоцветковые

Гаметы	A	a
Первое поколение F <sub>1</sub>	Aa	
	Красноцветковые	
Гаметы	A, a	
Второе поколение F <sub>2</sub>	AA Aa Aa	aa
	Красноцветковые	белоцветковые

Красная окраска цветов доминирует над белой, поэтому в F<sub>2</sub> происходит расщепление в соотношении - 3 красноцветковых: 1 белоцветковый. Белоцветковые растения F<sub>2</sub> при дальнейшем размножении будут иметь только белоцветковое потомство.

Во время мейоза у гибридного растения F<sub>1</sub> материнские хромосомы, несущие доминантный ген и, отцовские хромосомы, несущие рецессивный ген, расходятся в дочерние клетки независимо друг от друга и, поэтому при случайном соединении гамет во время оплодотворения образуют три типа зигот.

Организмы, содержащиеся в соматических клетках - два доминантных или два рецессивных гена данной аллельной пары (AA или aa) называются гомозиготными (от греч. Homos – одинаковый и зигота), а организмы, содержащие разные гены данной аллельной пары гетерозиготными (от греч. Geteros – различный и зигота). Гомозиготные особи при размножении не дают расщепления в следующих поколениях, гетерозиготные формы продолжают расщепляться.

При полном доминировании число классов гибридных организмов в F<sub>2</sub> по фенотипу и генотипу совпадают. При неполном доминировании наблюдается совпадение числа классов по фенотипу и генотипу. Это хорошо можно наблюдать при скрещивании красноцветковой и белоцветковой форм львиного зева: гибриды имеют генотип Aa и розовую окраску цветков, F<sub>2</sub> результат расщепления получают формы:

AA	Aa	aa
Красноцветковые:	розовоцветковые:	белоцветковые
1	2	1

Трёх классам особей по фенотипу (с красными, белыми и розовыми цветками) соответствует три класса особей по геномам (AA, Aa, aa). Следовательно, и по фенотипу и по генотипу расщепление идет в отношении 1:2:1.

Метод, в результате применения которого, устанавливается расщепление гамет в процессе двух делений мейоза, получил название тетрадного анализа. Тетрадный анализ позволил доказать, что расщепление гибридов в определенном числовом отношении, установленном Г. Менделем, представляет собой закономерное биологическое явление, в основе которого лежит механизм мейоза.

Взаимными или реципрокными (от лат. reciprocus - взаимные) - называют скрещивание между двумя родительскими типами A и B, в одной из которых A служит материнской формой, а другой - отцовской. (A x B или B x A). В данном примере и в одном и в другом случае - гибриды имеют красную окраску цветков. Аналогичные результаты получаются в подавляющем числе случаев у различных

организмов. Однако, при скрещивании некоторых сортов ячменя отмечается склонность гибридов уклоняться в сторону материнского сорта по крупности зерна, энергии прорастания, семянактивности **a**-амилазы.

Большие различия у рецессивных гибридов часто наблюдаются при отдаленной гибридизации. Они касаются степени завязывания семян и многих других особенностей и признаков.

При полном доминировании в  $F_2$  особи разной генетической структуры по фенотипу между собой неразличимы. Если необходимо выяснить их генотипическую структуру, прибегают к анализирующим скрещиваниям. Анализирующими, называют такие скрещивания, когда какое-либо растение гибридного поколения скрещивают рецессивной гомозиготой по этому гену с исходной родительской формой.

Скрещивания между гибридной особью и одной из родительских форм называют возвратными, или насыщающими скрещиваниями (беккроссами). Например, если гибрид  $Aa$  получил от скрещивания  $AA \times aa$ , то скрещивания типа  $Aa \times AA$  или  $Aa \times aa$  будут возвратными. Такие скрещивания применяют, когда хотят увидеть в гибриде проявление признаков какой-либо родительской формы. Таким образом, открытый Менделем метод анализа наследования отдельных пар признаков при моногибридном скрещивании позволяет установить следующие закономерности:

1. Признаки определяются конкретными наследственными задатками генов.

2. При скрещивании в первом поколении наблюдается явление доминирования.

3. В потомстве гибрида ( $F_2$ ) наблюдается расщепление в определенном количественном соотношении. Это открытие явилось замечательным основанием учения Ч. Дарвина о происхождении видов путем естественного отбора. Оно позволило объяснить механизм, с помощью которого приспособительные свойства организмов не поглащаются скрещиванием, а сохраняются и могут накапливаться в поколениях под действием естественного отбора.

### Тестовые вопросы:

**1. В опытах Г. Менделя в каких хромосомах располагались гены  $A$  и  $a$  при моногибридном скрещивании?**

- А) в половых хромосомах
- Б) расположено линейно в одной хромосоме
- В) в одной паре гомологических хромосомах
- Д) в разных гомологических хромосомах

**2. Какого расщепления по фенотипу и генотипу ожидается у гибридов  $F_2$  при моногибридном скрещивании?**

- А) 3:1 и 1:1 Б) 3:1 и 1:2:1 В) 15:1 и 1:2:1 Д) 9:3:3:1 и 1:2:3:1

**3. В каком соотношении ожидается расщепление при скрещивании гетерозигот ( $Aa$ ) с рецессивной гомозиготной ( $aa$ ) формой?**

- А) 1:1 Б) 1:2:1 В) 3:1 Д) 1:1:1:1

**4. Понятие о гомозиготе**

- А) организм дающий расщепление при самоопылении в соотношении 1:1

- Б) организм дающий расщепление при перекрёстном опылении  
 В) организм несущий доминантные и рецессивные опыление гены  
 Д) зигота, образованная в результате слияния генетические одинаковых половых клеток

**5. Сколько гамет образуется у гетерозигот при моногибридном скрещивании?**

- А) 2 Б) 3 В) 4 Д) 6

**6. При помощи какой формулы подсчитывается число гамет при моногибридном скрещивании?**

- А)  $2^n$  Б)  $3^n$  В)  $4^n$  Д)  $5^n$

### ДИГИБРИДНОЕ И ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЯ

План:

1. Дигибридное скрещивание и правило независимого комбинирования генов
2. Статическая оценка результатов расщипления
3. Анализ полигибридного скрещивания на примере тригибридного скрещивания
4. Расщепление признаков во втором поколении
5. Третий закон Г.Менделя и его сущность

Проводя дигибридное скрещивание гороха, Г. Мендель установил одну важную закономерность наследования, получившую название независимого комбинирования генов. Он скрещивал горох, имеющий желтые круглые семена ААВВ с горохом, у которого семена были зелеными и морщинистыми. Все гибридные растения первого поколения сохраняли единообразие: они имели желтые и круглые семена -АаВв. Во втором поколении расщепление носило более сложный характер, чем при моногибридном скрещивании: из общего количества 556 полученных семян, 315 - были желтые круглые, 101 - желтые морщинистые, 108-зеленые круглые и 32 - зеленые морщинистые. Эти цифры почти точно соответствуют кратному соотношению 9:3:3:1.

Р	♀ Жёлтый гладкий ААВВ	♂ Зелёный морщинистый аавв
F <sub>1</sub>	Жёлтый глаткий	АаВв

Первое поколение скрещивать между собой

♀ АаВвх♂ АаВв

У каждый из которых получится по четыре гамет: АВ, Ав, аВ, ав  
 Свободное соединение которых даёт 16 форм

$\begin{matrix} \uparrow \\ \circ \\ \circ \\ \downarrow \end{matrix}$	AB	Ab	aB	ab
AB	Желтый, гладкий AA BB	Желтый гладкий AA Bb	Желтый гладкий Aa BB	желтый гладкий Aa Bb
Ab	Желтый гладкий AA Bb	желтый морщинистый AA bb	Желтый гладкий Aa Bb	Желтый морщинистый Aa bb
aB	Желтый гладкий Aa BB	Желтый гладкий Aa Bb	Зеленый гладкий aa BB	Зеленый гладкий aa Bb
ab	Желтый гладкий Aa Bb	Желтый морщинистый Aa bb	Зеленый гладкий aa Bb	Зеленый морщинистый aa bb

Сущность явлений при дигибридном скрещивании заключается в следующем, в зиготу, из которой развивается гибридное растение F<sub>2</sub>, включается четыре гена: желтой окраски (А) и округлой формы семян (В) от одной родительской формы и зеленой окраски (а) и морщинистой формы семян (в) от другой. Такое растение будет дважды или дигетерозиготным. Все возможные сочетания указанных генов дадут от него четыре типа яйцеклеток и спермиев АВ, Ав, аВ, ав. Для расчета сочетания разных типов гамет и определения результатов расщепления обычно пользуются, так называемой, решеткой или таблицей Пеннета, названный по имени предложившего этот прием английского генетика.

Анализ данных, полученных при расщеплении гибридов F<sub>2</sub> в дигибридном скрещивании, дает следующие результаты.

1) По фенотипу гибриды образуют четыре класса и распределяются в числовом соотношении: 9 жёлтых круглых: 3 жёлтых морщинистых: 3 зеленых круглых : 1 зеленых морщинистых.

2) Распределение тех же гибридов по генотипу дает девять классов в отношении 4 AaBb: 2 AAbb: 2 AaBB; 2 Aabb; 2 aaBb: 1 AaBB: 1 Aabb: 1 aaBB: 1 aabb

3) Гены каждой аллельной пары (А-а и В-в) распределяются как и при моногибридном скрещивании, 1:2:1 (4AA : 8Aa : 4 aa и 4BB : 8 Bb : 4bb).

4) В соответствии с этим и распределение классов по фенотипу по каждой паре аллелей идет в отношении 3:1 (12желтых: 4 зеленых и 12 круглых : 4 морщинистых).

5) Окраска и форма семян гибридов сочетаются не только в тех комбинациях, которые были у родительских форм, но и во всех других возможных комбинациях. Благодаря этому во втором поколении получают гибриды сочетающие признаки обеих родительских форм (растения с желтыми морщинистыми и с зелеными гладкими семенами) т.е идет новообразование.

6) Числовые отношения распределения классов по фенотипу и генотипу при скрещивании организмов, различающихся по двум аллелям, являются результатом произведения числовых отношений по каждой из аллельных пар.

Так,  $(3:1) \times (3:1) = 9:3:3:1$  и  $(1:2:1) \times (1:2:1) = 1:2:1:2:4:2:1:2:1$ . Это положение верно для любого числа аллелей.

Правильность своих выводов о независимом комбинировании генов при дигибридном скрещивании, Г. Мендель проверил путем анализирующего скрещивания гибридных растений, имевших генотип  $AaBb$  с отцовским растением - гомозиготной рецессивной формой по обоим парам генов ( $aabb$ ). В результате такого скрещивания  $AaBb \times aabb$  получилось четыре типа форм:  $AaBb$  (желтые круглые),  $Aabb$  (желтые морщинистые),  $aaBb$  (зеленые круглые) и  $aabb$  (зеленые морщинистые).

В каждой из этих групп было одинаковое число особей. Так как во всех четырех скрещиваниях от отцовского сорта передавались одинаковые гаметы  $ab$ , то равное число особей во всех четырех группах анализирующего скрещивания являются результатом того, что гибриды  $F_1$  ( $AaBb$ ) образовали яйцеклетки  $AB$ ,  $Ab$ ,  $aB$ , и  $ab$  в равных количествах, а это возможно только на основе независимого комбинирования генов.

Независимое комбинирование генов и основанное на нем расщепление в  $F_2$  в соотношении  $9:3:3:1$  установлено для большого числа животных и растений. Следует иметь в виду, что расщепление  $F_2$  при дигибридном скрещивании в соотношении  $9:3:3:1$  наблюдается только при полном  $F_2$  доминировании по обоим парам аллельных генов. При неполном  $F_2$  доминировании или доминировании по одному признаку гетерозиготные особи будут отличаться от гомозиготных и число фенотипических классов в  $F_3$  увеличится. Из всего сказанного о поведении хромосом и находящихся в них генов вытекают следующие положения.

1) Хромосомы и находящиеся в них гены наследуются как отдельные независимые единицы.

2) Все хромосомы и гены, входящие в генотип особи, присутствуют в ее клетках всегда попарно (гомологичные хромосомы и аллельные гены). При этом один член пары хромосом и генов относится к зиготе одной родительской формой, а второй - другой формой.

3) В каждой гамете может быть только по одной гомологичной хромосоме и по одному гену аллельной пары.

4) Различные пары хромосом во время мейоза распределяются между гаметами независимо друг от друга и совершенно случайно. Точно так же наследуются и гены находящиеся в этих хромосомах.

**Полигибридные скрещивания.** Скрещивание особей, различающихся по трем и более парам аллельных признаков, называются полигибридными. Если скрестить растение гороха, имеющее круглые желтые семена и красные цветки, с растением, у которого морщинистые зеленые семена и белые цветки, то в  $F_1$  соответствии с явлением доминирования все гибриды будут похожи на материнское растение, а в  $F_2$  произойдет сложное расщепление. Обозначим гены, определяющие форму семян -  $Aa$ : цвет семенной кожуры -  $Bb$ , окраску цветков -  $Cc$ . Тогда генотип одного растения будет иметь формулу  $AABBCC$ , другого -  $aabbcc$ , а генотип гибридов  $F_2$  -  $AaBbCc$ . Эти гибридные растения образуют восемь типов гамет:  $ABC$ ,  $abc$ .

При случайном сочетании в результате самоопыления восьми типов яйцеклеток с восемью типами спермиев в  $F_2$  получится 64 комбинации зигот.

Расщипление по фенотипу в отношении 27:9:9:9:3:3:3:1 является закономерным следствием независимого распределения генов при тригибридном скрещивании.

Числовые соотношения распределения классов по фенотипу и генотипу в этом тригибридном скрещивании могут быть получены как произведения числовых соотношений по каждой из аллельных пар. Так, произведение  $(3A:1a) \times (3B:1b) \times (3C:1c)$  дает ряд, состоящий из восьми фенотипов : 27 (A-B-C) : 9 (A-b-c) : 9 (A-B-c) : 9 (a-b-C) : 3 (A-b-c) : 3 (a-B-c) : 3 (a-B-C) : 1 (a-b-c).

Точно так же произведение  $(A:2Aa:a) \times (B:2Bb:b) \times (C:2Cc:c)$  отряд, состоящий из 27 генотипов.

Числовые отношения, установленные Г.Менделем при образовании гамет, и распределении классов по фенотипу и генотипу являются следствием случайного распределения равновероятных сочетаний.

Иначе говоря, число фенотипических классов в  $F_2$  может быть выражено формулой  $2^n$ , где основание 2 указывает на парность (аллельность) двух аллелей одного гена, находящихся в одной паре гомологичных хромосом, а степень  $n$  - число генов в негомологичных хромосомах, по которым различаются скрещиваемые родительские формы. Поэтому при моногибридном скрещивании число классов расщепления по фенотипу  $2^1=2$ , при дигибридном  $2^2=4$ , тригибридном  $2^3=8$  и т.д. Таким же образом можно рассчитать число типов гамет, образующихся у любого гибрида первого поколения, и число комбинаций гамет, дающих различные генотипы в  $F_2$ : у моногибрида A—a образуется два типа гамет, или  $2^1$ ; у дигибрида A-a B-в четыре, или  $2^2$ ; у тригибрида -  $2^3$  или восемь, типов гамет и т.д. Следовательно, число различных типов гамет, образуемых гибридом  $F_1$ , также может быть выражено формулой  $2^n$ , где  $n$  - число генов, по которым различаются скрещиваемые формы. Так как при моногибридном скрещивании у гибрида  $F_1$  образуются два типа женских и мужских гамет, то очевидно, что при этом возможно образование 4-х комбинаций в отношении 1) A-A: 2) A-a: 3) a-a. т.е.  $4^1$

При дигибридном скрещивании таких сочетаний будет  $4^2=16$ , при тригибридном  $4^3=64$  и т.д., т.е. число возможных комбинаций гамет выражается формулой  $4^n$ , где основание 4 отражает число возможных комбинаций мужских и женских гамет в моногибридном скрещивании,  $n$  - число пар генов.

Учитываемое явление	Тип скрещивания		
	моногибридное	Дигибридное	полигибридное
Число типов гамет, образуемых гибридом $F_1$	2	$2^2$	$2^n$
Число комбинаций гамет	4	$4^2$	$4^n$

при образовании Гг			
Число фенотипов F <sub>2</sub>	2	2 <sup>2</sup>	2 <sup>n</sup>
Число генотипов F <sub>2</sub>	3	3 <sup>2</sup>	3 <sup>n</sup>
Расщепление по фенотипу в F <sub>2</sub>	3+1	(3+1) <sup>2</sup>	(3+1) <sup>n</sup>
Расщепление по генотипу в F <sub>2</sub>	1+2+1	(1+2+1) <sup>2</sup>	(1+2+1) <sup>n</sup>

Число генотипических классов в потомстве моногибрида составляет 3, при дигибридном скрещивании в F<sub>2</sub> генотипических классов 9 или 3<sup>2</sup>, при тригибридом - 3<sup>3</sup> и т.д. И так, число генотипических классов можно определить по формуле 3<sup>n</sup>, где n - число генов. Таким образом, зная число генов при полигибридном скрещивании, можно рассчитать число типов гамет, образующихся у гибрида F<sub>1</sub>, число их сочетаний при оплодотворении, а также число фенотипических и генотипических классов.

Закономерное расщепление при полигибридном скрещивании осуществляется при соблюдении всех условий, о которых шла речь при анализе моногибридного скрещивания, оплодотворении, а также число фенотипических и генотипических классов. Формула этих расчетов представлены ниже. Количественные закономерности образования гамет и расщепления гибридов при различных типах скрещивания.

### Тестовые вопросы:

#### 1. Какие гены называются аллельными?

- А) гены, находящиеся в разных точках гомологичных хромосом
- Б) гены, расположенные в одинаковых точках негомологичных хромосом
- В) 2 пары генов, находящиеся в одинаковых точках гомологичных хромосом
- Д) пара генов находящиеся в одинаковых точках гомологичных хромосом

#### 2. В опытах Г. Менделя в каких хромосомах располагались гены А и, а, В и в, при дигибридном скрещивании?

- А) в разные гомологичные хромосомы
- Б) в одной паре гомологичных хромосом
- В) расположено линейно в одной хромосоме
- Д) в половых хромосомах

#### 3. Какое расщепление по фенотипу происходит в F<sub>2</sub> дигибридном скрещивании?

- А) 15:1 Б) 9:3:4 В) 9:3:3:1 Д) 12:3:1

#### 4. В каком соотношении ожидается расщепление при скрещивании дигетерозигот с рецессивной гомозиготной аавв?

- А) 1АаВв: 1Аавв: 1ааВв: 1аавв Б) 1 АаВв: 2 Аавв: 1ааВв: 2 аавв
- В) 2 АаВв: 1 Аавв: 1ааВв: 1 аавв Д) 1 АаВв: 2 Аавв: 1 аавв

**5. Сколько фенотипических классов образуется при тригибридном скрещивании?**

А) 4 Б) 8 В) 16 Д) 32

**6. Число возможных комбинаций гамет выражается какой формулой?**

А)  $2^n$  Б)  $3^n$  В)  $4^n$  Д)  $13+15^n$

**7. Число генотипических классов определяется какой формулой?**

А)  $2^n$  Б)  $3^n$  В)  $4^n$  Д)  $(3+1)^n$

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЕНОВ. КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ И ЭПИСТАЗ**

План:

1. Виды взаимодействия генов
2. Комплементарность
3. Эпистаз
4. Действие генов модификаторов

Правильность установленных Г. Менделем закономерностей наследственности была подтверждена после 1900 г. в много численных опытах по изучению наследования различных признаков как у растений, так и у животных. В то же время выяснилось, что полученные Г. Менделем определенные числовые соотношения при расщиплении в потомстве гибридов были верными во всех тех случаях, когда каждый ген определял развитие одного наследственного признака. Например, у гороха один ген определяет образование круглой формы семян, другой морщинистой.

Но было накоплено много фактов, указывающих на то, что взаимоотношения между генами и признаками, которые они определяют, носят более сложный и многообразный характер. Выяснилось, что во-первых, один и тот же ген может оказывать влияние на несколько различных признаков и во-вторых, происходит взаимодействие генов, когда один и тот же наследственный признак развивается под влиянием многих из них.

Таким образом, фенотипическое выражение большинства признаков и свойств организма определяется в онтогенезе взаимодействием многих генов. Это отражается и на характере расщипления гибридов различных скрещиваний, особенно, если родительские формы различаются по нескольким признакам. Отдельное взаимодействие генов происходит, когда взаимодействуют два гена одной аллельной пары. При этом гены одного аллеля могут полностью доминировать и доминировать неполное проявление рецессивного гена. Это явление мы рассмотрели когда жёлтая окраска семян гороха полностью доминирует над зелёной окраской и при скрещивании красноцветных и белоцветковых растений ночной красавицы проявляется у гибридов  $F_1$ , розовая окраска цветков.

Взаимодействие неаллельных генов проявляется в четырех основных формах: комплементарности, эпистаза, полимерии и модифицирующего действия генов.

Каждая из этих форм приводит к характерным изменениям известных числовых соотношений при расщиплении в дигибридных скрещиваниях.

При этом в потомстве дигетерозиготы может наблюдаться необычное расщипление- 9: 3:4; 9.7; 12:3:1; 15:1; 9:6:1; 13:3.

Известны случаи взаимодействия трех и большего и числа генов с изменениями обычных формул расщипления. Рассмотрим кратко каждый этих типов.

Комплементарными или неаллельными называют такие доминантные гены, которые при генотипе (А-В) обуславливают развитие нового признака по сравнению с действием каждого гена в отдельности (А- вв или аа -В).

Явление комплементарного действия очень широко распространено в природе и часто наблюдается в селекционной практике. Оно может давать численное соотношение 9:3:3:1 (наследование окраски глаз), 9:7 (наследование содержание цианида у белого клевера), 9:3:4 (наследование окраски масти у кроликов), 9:6:1 (наследование формы плода у тыквы).

В ряде случаев при соединении дополнительных генов возникают признаки, свойственные диким формам (красная окраска цветков у гороха, дисковидная форма плода у тыквы, серая окраска шерсти у мышей, красная окраска глаз у дрозофилы и т.д), происходит реверсия (возврат к признаком диких форм). Вполне вероятно, что в процессе селекции дополнительные гены разобщались. При скрещивании таких разобщенных отбором генотипов доминантные дополнительные гены вновь соединяются, обуславливая развитие признаков диких форм. Известны два вида взаимодействия генов: аллельное и неаллельное.

### Виды взаимодействия генов

Аллельные взаимодействие генов

Аллельные взаимодействие генов



Например, генотип дикого предка АаВв в процессе мутаций естественного отбора и селекции мог быть разложен на генотипы ААвв и ааВВ. При скрещивании особей с такими генотипами происходит возврат к исходному генотипу, воссоединяются комплементарные факторы, в результате чего возникает примитивная возвратная окраска.

Так, у дрозофиллы встречается коричневая и яркокрасная краска глаз. Обе эти окраски рецессивны к красной окраске (дикий тип). При скрещивании мух с коричневыми и ярко-красными глазами гибриды оказываются красноглазыми, а

в  $F_2$  наблюдается расщипление на 4 фенотипических класса в отношении 9/16 красные; 3/16 яркокрасные; 1/16 коричневые; 1/16 белые.

Иногда при скрещивании двух растений белого клевера с низким содержанием цианида гибриды  $F_1$  имеют много цианида, а в  $F_2$  расщипление оказывается близким к отношению 9/16 с высоким содержанием цианида и 7/16 - с низким. Подобный тип взаимодействия генов, дающий в  $F_2$  расщипление 9:7, найден у многих растений, животных и человека. Так например, наследуется пурпурная и белая окраска цветка у душистого горошка, желтая и белая окраска коконов у шелкопряда, нормальный слух и глухота у человека и т.д. При скрещивании черных кроликов с белыми все гибриды оказываются агуты, а  $F_2$  наблюдается расщепление в отношении 9/16 агуты 3/16 черных; 4/16 белых. Подобный тип наследования широко распространен в природе. Например, у ржи скрещивание белозерных растений с желтозерными дает в  $F_1$  только зеленую окраску зерна, а в  $F_2$  расщепление в отношении 9 зеленых; 3 желтых ; 4 белых. Аналогично наследуется белая, красная и алая масти у крупного рогатого скота и т.д.

В ряде случаев комплементарные гены, способные к самостоятельному проявлению, при отсутствии дополнительного гена могут давать каждый в отдельности сходный фенотипический эффект. Так, у тыквы имеются сорта с разной формой плода - сферической, дисковидной и удлиненной. Сферическая форма плода является рецессивной по отношению к дисковидной. От скрещивания растений с плодами сферической формы, но имеющих разное происхождение, получают гибридные растения, дающие дисковидные плоды. В потомстве у этих растений в  $F_2$  появляются три фенотипических класса в отношении: 9/16 с дисковидными плодами, 6/16 - со сферическими и 1/16 - удлиненную форму плодов. Но существует взаимодействие, при котором один ген подавляет действие другого, например  $A > B$  или  $B > A$ , а  $> B$  или  $v > B$  и т. д. Такое явление называется эпистазом. Гены подавляющие действие других генов называется супрессорами или ингибиторами. Они могут быть как доминантными, так и рецессивными. Гены супрессоры известны у животных, растений и микроорганизмов. Обычно они обозначаются  $G$  или  $S$ . Эпистаз принято делить на два типа: доминантный и рецессивный. Под доминантным эпистазом понимают подавление одним доминантным геном действие другого гена. Из многих примеров доминантного эпистаза приведем лишь некоторые. Так, у льна наряду с формами, имеющими нормальные лепестки, встречаются растения с гофрированными лепестками. При скрещивании двух форм с нормальными лепестками, имеющих разное происхождение, в  $F_1$  все гибриды имеют нормальные лепестки, а в  $F_2$  получается расщепление: 13/16 растений с нормальными лепестками и 3/16 - с гофрированными. Таким образом, подавление действия доминантного гена гофрированности лепестков доминантной аллелью другого гена (подавителя) обуславливают в  $F_2$  расщепление по фенотипу в отношении 13:3.

Этот тип взаимодействия широко распространен в природе и наблюдается в наследовании окрашенности и неокрашенности зерен у кукурузы и оперения у кур и т.п. доминантнкй эпистаз может давать и другое расщепление в  $F_2$  по

фенотипу, а именно 12:3:1. В этом случае, в отличие геном, имеет специфический фенотип например, некотороке собаки (*anisfamiliaris*) с белый окраской шерств при скрещивании с собаками, имеющими коричневую окраску, дают в F1 щенков с белой окраской, а в F2 расщепление на 12/16 белых, 3/16 черных, и 1/16 коричневых.

У хлопка (*Gossipium*) по окраске волокон в F<sub>2</sub> наблюдается расщепление на 12 коричневых : 3 зеленых: 1 белую. Однако анализ коричневых волокон в ультрафиолетовых лучах позволяют выделить два типа коробочек у которых 3, имеющих волокна только с коричневым пигментом, и 9 – с коричневым и зеленым. У растений последнего типа зеленая окраска оптически не видна, так как коричневый пигмент ее как бы подавляет т.е. является ингибитором.

Под рецессивным эпистазом понимают такой тип взаимодействия, когда рецессивная аллель одного гена, будучи в гомозиготном состоянии, не дает возможности проявиться доминантной или рецессивной аллели другого гены: 00 > В или aa > вв.

Расщепление 9:3:4 приводилось как пример комплементарного взаимодействия генов. Но эти же случаи можно рассматривать и как рецессивный эпистаз. При скрещивании черных кроликов (AaBb) с белыми (aaBB) 9/16 крольчат оказываются агути (A-B-), 3/16 черных (A-вв) и 4/16 белых (aaB- и aa вв). эти результаты можно объяснить, предложив, что имеет место рецессивный эпистаз типа aa > В – и aa > вв. при этом кролики генотипа aaB –и aa вв оказываются белыми потому что ген а в гомозиготном состоянии, блокируя образование пигмента, препятствует тем самым проявлению гена – распределителя пигмента В и гена черной окраски в.

Кроме описанных случаев одинарного рецессивного эпистаза, существует и такие, когда рецессивная аллель каждого гена в гомозиготном состоянии одновременно реципрокно подавляет действие доминантной аллели комплементарного гена, т.е. aa эпистатирует над В<sub>1</sub> – aa над А-. такое взаимодействие двух рецессивных подавителей называют двойным рецессивным эпистазом. В дигибридном скрещивание расщепление по фенотипу - 9:7, как и в случае комплементарного взаимодействия генов.

Следовательно, одно и то же расщепление можно трактовать как результат и комплементарного взаимодействия и эпистаз. При изучении явления взаимодействия были открыты гены основного действия, т.е. такие, которые определяют развитие признака или свойства, например выработку пигментов, форму цветка и т.п., и такие которые сами по себе не определяют какую-либо качественную реакцию или признак, а лишь усиливают или ослабляют проявление действия основного гена.

Это гены - модификаторы, а их действие - модифицирующее. Одни из генов- модификаторов могут усиливать эффект основного гена, другие - ослаблять. Например, у крупного рогатого скота пегая окраска шерстного покрова определяется рецессивным геном и двумя модификаторами, ослабляющими или усиливающими эффект основного гена пегости.

Любые гены в организме в одно и то же время могут быть гена - модификаторами по другим.

### Тестовые вопросы:

**1. Какой тип неаллельного взаимодействия генов ведет к новообразованию при гибридизации одинаковых по фенотипу организмов?**

А) комплементарность Б) эпистаз В) полимерия Д) плейотропия

**2. Какие неаллельные взаимодействия генов существует?**

А) полное доминирования, кодоминирования, сверх доминирования,

Б) комплементарность, эпистаз, полимерия

В) плейотропия, неполной доминирования, модифицирующие действие

Д) кодоминирования, сверх доминирования, плейотропия

**3. Какой численной отношения даёт при комплементарном взаимодействии генов?**

А) 9:3:4, 9:7, 12:3:1, 15:1 Б) 13:3, 9:3:3:1, 9:6:1

В) 9:3:3:1, 9:7, 9:3:4, 9:6:1 Д) 9:7, 12:3:1, 13:3

**4. Сколько типов эпистаза?**

А) 2 Б) 3 В) 4 Д) 5

**5. Какой фенотипической расщепления в F<sub>2</sub> даёт доминантный эпистаз?**

А) 13:3, 12:3:1, Б) 9:3:4, 15:1, В) 12:3:1, 9:3:3:1, Д) 9:7, 12:3:1,

**6. Какой фенотипической расщепления в F<sub>2</sub> даёт рецессивной эпистаз?**

А) 12:3:1 Б) 9:3:4 В) 9:3:3:1 Д) 9:7

### ПОЛИМЕРНОЕ И ПЛЕЙОТРОПНОЕДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ.

План:

1. Полимерное взаимодействие генов

2. Полимерные гены и количественные признаки

3. Наследование количественных признаков

4. Плейотропное действие генов

5. Изучение закономерностей полимерного и плейотропного действия генов и их значение

Рассмотренные до сих пор типы взаимодействия генов относилось к альтернативным, т.е. качественно различающимся, признаком. Такие свойства организмов, как, например: темп роста и вес животного, длина стебля растения и т.п. нельзя разложить на четкие фенотипические классы; их необходимо измерять, взвешивать, подсчитывать, т.е. оценивать количественно.

Подобны признаки обычно называют количественными или мерными признаками.

Неаллельные гены, действующие однозначно (аддитивно) на формирование одного и того же признака, называются полимер, ными, или множественными. Явление взаимодействия неаллельных множественных генов, обуславливающих развитие одного и того же признака, называется полимерией. При полимерии два или несколько ферментов, образующихся под контролем неаллельных генов, действуют на развитие одного и того же признака, усиливая

его проявление. Полимерия была открыта и подробно изучена шведским генетиком и селекционером Нильсоном - Эле в 1908г.

По типу полимерии наследуются у сельскохозяйственных животных молоко, мясо, яйцо, шерсть, работоспособность животных, скороспелость и другие хозяйственно-полезные признаки.

В развитии теоретических и методических аспектов селекции особенно велика роль количественной генетики. Любой организм характеризуется совокупностью большого числа признаков и свойств. Признак, или свойство - единица морфологической, физиологической или биохимической дискретности организма. Признаки у которых характер наследования им до сих пор рассматривали называются качественным или альтернативными: они четко и непосредственно отличаются друг от друга (гладкая или морщинистая форма семян, белая или красная окраска цветков и т.д.).

Однако есть много признаков различия по которым не имеют такого четкого разграничения и могут устанавливаться только путем количественного определения (измерения, взвешивания и т.д.). Такие признаки называются количественными. К количественным признакам относится большинство хозяйственно- ценных признаков сельскохозяйственных культур. Ещё в 1934 г. Н.И.Вавилов отмечал, что серьезным дефектом в развитии генетической теории селекции является самоотстранение генетики от изучения сложных количественных признаков. Отставание количественной генетики продолжалось длительное время. Трудность в изучении генетики количественных признаков объясняется их сложной генетической природой.

Деление признаков на качественные и количественные условно. Внешние условия, в которых развивается организм, никогда не бывают постоянными, поэтому один и тот же признак выражается в различных величинах (модификациях). Но качественные признаки более жестко контролируются генами. Они обладают большой устойчивостью, развитие их относительно меньше зависит от внешних условий и поэтому носит прерывный характер. Количественные признаки менее устойчивы, развитие их сильно зависит от внешних условий и поэтому носит непрерывный характер, они определяются полимерными генами. Полигены, контролирующие количественные признаки, проявляют не только аддитивный эффект, но и неадаптивный, обусловленные межallelными и межгенными взаимодействиями.

Эффекты всех типов взаимодействия генов способен существенно измениться под влиянием условий среды. Все это очень усложняет генетический анализ и делает необходимым применение специальных генетико-статистических моделей, позволяющих более точно судить о комбинированном действии системы полигенов. Именно поэтому интенсивные исследования по количественной генетике начато после того, как были разработаны математические модели популяционных процессов, приспособленные к усложнениям в действии полигенов.

Впервые Р.А.Фишером в 1933 году, а позже Мазером (в 1949 и 1971) были предложены методы размножения фенотипические варианты популяции на

компоненты, обусловленные влиянием факторов среды, эффектами аддитивного действия генов и межгенных взаимодействий. Для того, чтобы наследование количественных признаков стало понятным, нужно ознакомиться с некоторыми математическими константами, с помощью которых характеризуется значение таких признаков. Главные из этих констант - средняя арифметическая ( $\bar{x}$ ), среднее квадратическое отклонение ( $G$ ) дисперсии ( $G^2$ ), ошибка средней арифметической ( $S_{\bar{x}}$ ) и коэффициент изменчивости ( $C$ ).

Прежде всего, изучаемый признак измеряют у всех особей исследуемой группы и полученные данные разбивают на произвольное, но относительно небольшое число классов (обычно на 10-15) в каждом из которых объединены особи, более или менее сходные по значению признака.

После того, как построен вариационный ряд, в первую очередь находят среднюю арифметическую ( $\bar{X}$ ), данную представленную о типичных размерах количественного признака в изученной в группе особей.

При малом числе варианте (менее 25) среднюю арифметическую вычисляют по формуле:  $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$

где  $X$  - значение признака у отдельных особей,  $n$  - число особей,  $\sum$  знак суммирования. При большом числе варианта этот способ слишком трудоемок и среднюю арифметическую вычисляют по формуле:

$\bar{x} = A + k \cdot E \cdot f_a - n$ , где  $A$  - условная средняя,  $a$  - выраженное в числе классов отклонения каждого класса, в котором находится условная средняя;  $f$  - число вариантов в классе;  $k \cdot E \cdot f_a - n$  выраженная в классах разность между условной средней и средней арифметической данного вариационного ряда;  $K$  - классовый интервал. В качестве условной средней обычно выбирают середину класса, содержащего наибольшее число вариантов. Наиболее удобным и употребительным мерилom изменчивости служит среднее квадратическое отклонение ( $G$ ). При малом числе вариант среднее квадратическое отклонение вычисляют по формуле:  $G = \sqrt{\frac{\sum f \cdot a^2}{n} - \bar{x}^2}$  если же в ряду более 25 вариантов, то пользуются формулой  $G = \sqrt{\frac{\sum f \cdot a^2}{n} - \bar{x}^2}$

В ряде случаев при изучении изменчивости количественных признаков удобнее пользоваться не средним квадратическим отклонением, а квадратом этой величины, т.е. дисперсией ( $G^2$ ). Квадратическое отклонение позволяет сравнивать изменчивость одного и того же признака в разных группах особей. Но будучи, числом именованным, этот показатель, очевидно не пригоден для сравнения изменчивости признаков, характеризующихся разными единицами измерения, например, изменчивости веса и роста и т.д.

Для преодоления этой трудности обычно прибегают к вычислению коэффициента изменчивости ( $C_v$ ), представляющего собой выраженное в процентах частное от деления среднего квадратического отклонения на среднюю арифметическую:  $C_v = \frac{G}{\bar{x}} \cdot 100$ . При скрещивании особей, различающихся по количественному признаку, как правило, не наблюдается доминирования признака одного из родителей, а в  $F_2$  расщепления на небольшое число фенотипически различных классов, находящихся между собою в определенных и характерных численных отношениях. Картина это настолько

отличается от типичной для наследования качественных признаков, что в первые годы после вторичного открытия законов Менделя многим ученым, в том числе и таким крупным, как например, Де-Фризу казалось невозможным распространять законы Менделя на наследование количественных признаков.

Но довольно скоро выяснилась, что такая точка зрения ошибочно и что в основе наследственной передачи количественных признаков лежат те же явления расщепления и рекомбинации генов, что и при передаче качественных признаков. Это хорошо под итожены формулировками П.Ф.Рокицкого: 1). Кривая распределения особей  $F_1$  по изученному признаку обычно располагается между кривыми распределениями родительских форм. Средняя арифметическая чаще всего промежуточная между средними арифметическими родительских форм; 2). Средняя арифметическая  $F_2$  примерно равно средней арифметической  $F_1$ , но вариация особей значительно больше, чем вариация особей  $F_1$ ; 3). Кривые распределение особей из возвратных скрещиваний  $F_1$  на каждого из родителей сдвинута ближе к кривым расщепления тех же родительских форм, с которыми произведено скрещивание; 4). Кривые распределения  $F_3$  особей  $F_2$ , взятых из разных частей вариационного ряда  $F_2$ , располагаются по разному в зависимости от того, из какой части ряда взяты особи  $F_2$ .

Так как полимерные гены действуют на один и тот же признак, их обозначают одной буквой, а разные аллельные пары их отмечают цифрами. Например, генотип, в которой входят две пары доминантных полимерных генов, можно обозначить  $A_1A_1A_2A_2$ . двойную гетерозиготу –  $A_1a_1A_2a_2$ , а рецессивную форму по тем же генам –  $a_1a_1a_2a_2$ .

Простейшим примером полимерами служит наследование окраски зерна у пшеницы. У нее различают два основных типа зерен по их окраске: красноезерный, имеющий в оболочке зерновки красный пигмент, белозерный, лишенный его.

При скрещивании некоторых сортов пшеницы, имеющих темно-красное, зерно, с белозерными сортами, когда растения в  $F_1$  также дают окрашенное зерно, в  $F_2$  происходит расщепление в отношении 15 красноезерных : 1 белозерное растение.

Исходные родительские формы, давшие расщепление в  $F_2$  15:1, имели генотипы  $A_1A_1A_2A_2$  и  $a_1a_1a_2a_2$ . Гибрид  $F_1$  обладал  $A_1a_1A_2a_2$  а в  $F_2$  появилась зерна с разным числом доминантных генов. Наличие всех четырех доминантных аллелей  $A_1A_1A_2A_2$  у 1/16 растений определяет самую интенсивную окраску зерна; 4/16 всех зерен имели три доминантных аллелей (типа  $A_1A_1A_2a_2$ ), 6/16 - две (типа  $A_1a_1A_2a_2$ ), 4/16- одну (типа  $A_1a_1a_2a_2$ ), все эти генотипы определяли различные промежуточные окраски, переходные между интенсивно - красной и белой. Гомозиготной по обоим рецессивным геном ( $a_1a_1a_2a_2$ ) были 1/16 всех зерен и эти зерна оказались неокрашенными.

Нетрудно заметить, что частоты пяти перечисленных генотипических классов  $F_2$  распределяются в ряде:  $1+4+6+4+1=16$  который отображает изменчивость признака окраски зерна пшеницы в зависимости от числа

доминантных аллелей в генотипе. Аналогичный тип наследования некоторых видов окраски зерен кукурузы колосковой чешуй у овса т.п.

$P_1$  темно-красное  $A_1A_1A_2A_2$  X Белое  $a_1a_1a_2a_2$

$F_1$  Светло-красное  $A_1a_1A_2a_2$

Скрещивание  $F_1$  между собой даёт 16 форм

$\text{♀ } A_1a_1A_2a_2 \times \text{♂ } A_1a_1A_2a_2$

Каждый из родительских форм даёт по 4 гамет. Свободное соединения которых даёт 16 форм.

$\text{♂}$ $\text{♀}$	$A_1A_2$	$A_1a_2$	$a_1A_2$	$a_1a_2$
$A_1A_2$	$A_1A_1A_2A_2$ Темно-красное	$A_1A_1A_2a_2$ Красное	$A_1a_1A_2A_2$ Красное	$A_1a_1A_2a_2$ Светло-красное
$A_1a_2$	$A_1A_1A_2a_2$ Красное	$A_1A_1a_2a_2$ Светло-красное	$A_1a_1A_2a_2$ Светло-красное	$A_1a_1a_2a_2$ Блезно-красное
$a_1A_2$	$A_1a_1A_2A_2$ Красное	$A_1a_1A_2a_2$ Светло-красное	$a_1a_1A_2A_2$ Светло-красное	$a_1a_1A_2a_2$ блезно-красное
$a_1a_2$	$A_1a_1A_2a_2$ Светло-красное	$A_1a_1a_2a_2$ Блезно-красное	$a_1a_1A_2a_2$ блезно-красное	$a_1a_1a_2a_2$ белое

При накоплений доминантных полимерных генов их действие суммируется, т.е. они имеют кумулятивный эффект, поэтому взаимодействие такого типа называют кумулятивной полимерией.

В опыте Нильсона-Эле тригибридное расщепление в  $F_2$  по геном окраски зерен пшеницы давало соотношение 63 красных к 1 неокрашенному. В  $F_2$  наблюдались все переходы от интенсивной окраски зерен с генотипом  $A_1A_1A_2A_2$  до полного ее отсутствия у  $a_1a_2a_2$ . При этом частоты генотипов с разным количеством доминантных генов распределялись в следующий ряд: 1+6+15+20+15+6+1-64.

Полимерно наследуется, например, пигментация кожи у человека. При бракосочетании негра у белой женщины рождаются дети с промежуточным цветом кожи (мулаты). У отца и матери мулатов могут родиться дети всех типов кожи, с окраской разных оттенков, от черной до белой, что определяется комбинацией двух пар полимерных генов.

Полимерные гены с однозадчным действием могут определять и качественные, т.е. альтернативные признаки. Примером может служить наследование оперенности ног у кур. От скрещивания пород, имеющих оперенные и неоперенные ноги, в  $F_1$  появляются цыплята с оперенными ногами. Во втором поколении происходит расщепления по фенотипу в отношении 15/16 с оперенными ногами и 1/16 с неоперенными, т.е. наблюдается два фенотипических класса.

Очевидно, порода с оперенными ногами гомозиготна по двум парам однозначных доминантных генов ( $A_1A_1A_2A_2$ ), а с неоперенными - имеет генотип  $a_1a_1a_2a_2$ . Сочетание гамет при оплодотворении дает гибриды с генотипам  $A_1a_1A_2a_2$ . Доминантные аллели каждого из двух генов действуют

качественно однозначно, т.е. определяют оперенность ног. Поэтому генотипы  $A_1A_2$  - (9/16),  $A_1 a_2 a_2$ (3/16) и  $a_1 a_1 A_2$ - (3/16) соответствуют фенотипу с оперенными ногами, а генотип  $a_1a_1a_2a_2$  (1/16) с неоперенными.

Таким же образом осуществляется наследование формы стручка у пастушей сумки (*Capsella bursa-pastoris*). При скрещивании расы, имеющей яйцевидные стручки, с расой у которой плоды треугольной формы в  $F_1$  все растения имеют треугольные стручки, а в  $F_2$ наблюдается расщепление в отношении 15: 1 (9+3+3:1).

В двух приведенных примерах наличие в генотипе разного количества доминантных полимерных генов однозначного действия не изменяет выраженности признака. Достаточно одной доминантной аллели любого из двух генов, чтобы вызвать развитие признака. Поэтому такой тип взаимодействия генов был назван некумулятивной полимерией.

Наряду с явлением взаимодействия генов свидетельствующим о влиянии на одного какое-либо свойство двухи более пар генов, существует и множественное (плейотропное) действие генов. В этом случае один ген определяет развитие одновременно не одного, а нескольких признаков, т. е. он имеет плейотропный эффект.

Рассмотрим пример множественного действия гена. У кур встречаются формы с курчавым оперением. Такие перья, неплотно прилегают к коже, часто обламываются, вызывая этим усиленную теплоотдачу. Следствием этого, казалось бы, незначительного изменения являются глубокие нарушения пищеварительной, сердечно-сосудистой и гормональной систем организма птицы. Таким образом, ген курчавости оперения имеет плейотропный эффект. Тщательное изучение действия генов показало, что плейотропным эффектом обладают, очевидно, многие, если не все гены. Биохимическая природа плейотропного действия генов выяснена довольно хорошо. Один белок-фермент образующий под контролем одного гена определяет не только развития данного признака, но взаимодействует и на вторичные реакции биосинтеза различных других признаков и свойств, вызывая их изменение.

На основе изучения взаимодействия и множественного действия генов был сделан вывод, что любой наследственный признак определяется многими генами, точнее всем генотипом и что каждый может действовать на развитие многих признаков или точнее на всю систему развивающегося организма. Следовательно, генотип является не суммой а сложной системой взаимодействующих генов.

### Тестовые вопросы:

**1.Какой расщепления ожидается по фенотипу у гибридов  $F_2$  при полимерии?**

А) 15:1 Б) 12:4 В) 9:3:3:1 Д) 9:7

**2. Сколько генотипических классов образуется у гибридов  $F_2$  при полимерии?**

А) 2 Б) 3 В) 4 Д) 5

**3. Какой взаимодействия генов называются кумулятивной полимерией?**

- А) влияние рецессивных генов
- Б) суммарное действие доминантных генов
- В) взаимодействия доминантных и рецессивных генов
- Д) присутствие доминантных генов в генотипе

**4. Какой взаимодействия генов называются некумулятивной полимерией?**

- А) суммарное действие доминантных генов
- Б) достаточно одной доминантной аллели любого из двух генов чтобы вызвать развитие признака?
- В) влияние только рецессивных генов
- Д) влияние гетерозиготных форм

**5. Что такой плейотропия?**

- А) один ген обуславливает развитие нескольких признаков
- Б) участие нескольких генов в развитие одного признака
- В) участие генов с различным эффектом действия в развитие одного признака
- Д) доминирования одного гена над другими геном

**6. Развития любого организма можно разделить на сколько периоды?**

- А) 2 Б) 3 В) 4 Д) 5

**7. В фенотипе организма проявляется сколько процент генетической информации?**

- А) 1 Б) 2 В) 3 Д) 4

**8. Система регуляции активности генов во времена кем была открыта и изучена?**

- А) С. Райтом Б) Н.П. Дубинином В) Ф. Жакоб и Ж. Моно Д) М. Родсом

## **ГЕНЕТИКА ПОЛА. НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ**

План:

1. Генетическое определение пола организмов и их соотношение в природе
2. Регуляция пола
3. Наследование признаков, сцепленных с полом
4. Наследственные заболевания (хромосомные болезни) у человека в результате нерасхождения половых хромосом

Проблема пола т.е. вопрос о механизмах, которые определяют развитие мужских и женских особей, возникла еще в глубокой древности. Однако до сих пор эта проблема остается одной из актуальных и еще не решена окончательно. Решение ее имеет не только практический интерес, но и важное теоретическое значение.

Пол- это совокупность признаков и свойств организма, обеспечивающих его участие в воспроизводстве потомства и передаче наследственной информации за счет образования гамет.

Половое размножение свойственно всем живым существам, кроме некоторых самых низших утративших его в процессе эволюции. Половой процесс в последнее время удалось обнаружить даже у таких примитивных организмов, как бактерии.

Основное размножение благодаря объединению генетического материала двух особей ускоряет эволюцию.

При половом размножении в результате слияния отдельных наследственных факторов возникает защита от действия вредных мутаций. Подавляющее большинство животных раздельнополые, а среди растений наоборот, распространены главным образом обоеполые виды.

У раздельнополых организмов яйцеклетки образуются у одних особей, а сперматозоиды или спермы (у растений) - у других. У обоеполых организмов и женские и мужские гаметы образуются у одной и той же особи. Обоеполые животные немногочисленны. Они представлены беспозвоночными и кишечнополостными.

Цитологические исследования показали, что у большинства животных и раздельнополых растений в хромосомном наборе мужской и женской особей хромосомы одной из пар довольно значительно отличаются друг от друга или одна из хромосом представлена в единственном числе. Позднее было установлено, что с этими необычными хромосомами связано определение пола, и их поэтому стали называть половыми хромосомами. Так, в хромосомном наборе животных и раздельнополых растений различают обычные хромосомы или аутосомы и половые, которые получили название X- и Y-хромосом.

Происхождение термина X-хромосома связано с обнаруженным в 1891 г. Х.Генкингем в мейозе у некоторых насекомых непарного интенсивно окрашивающегося тельца, которое при делении отходило к одному полюсу, другой же полюс его не имел. Х.Генкинг не знал назначения обнаруженного им неизвестного элемента и обозначил его буквой X. В 1902 г. К.Мак-Кленг предположил, что роль этого элемента связана с определением пола. В 1905 году Э.Вильсон предложил называть его X-хромосомой. В дальнейшем другую непарную хромосому определяющую у ряда организмов мужской пол, стали называть Y-хромосомой. Так для половых хромосом утвердились названия X- и Y-хромосомы.

По хромосомной теории наследственности пол организма определяется в момент оплодотворения. Существуют четыре основных типа хромосомного определения пола.

У подавляющего большинства видов в зиготе и соматических клетках содержится по две половые хромосомы (две X-хромосомы или X- и Y-хромосомы), и только у некоторых видов имеется одна половая хромосома (X-хромосома). В соматических клетках животных одного пола находятся одинаковые половые хромосомы (две X-хромосомы) и образуются одинаковые гаметы. Такой пол называется гомогаметным. В соматических клетках животных другого пола имеются разные половые хромосомы (X- и Y-хромосомы) или только одна половая хромосома (X-хромосома) и образуются разные гаметы. Этот пол называется гетерогаметным. У человека,

млекопитающих животных, дрозофилы и очень многих других видов женский пол гомогаметный (XX), а мужской гетерогаметный (XY). У этих видов во время мейоза образуются одинаковые яйцеклетки и разные сперматозоиды. У кур и других птиц, а также у шелкопряда и бабочек, наоборот, гетерогаметный женский пол (XY), а гомогаметный - мужской. Животные этих видов во время гаметогенеза образуют разные яйцеклетки и одинаковые сперматозоиды. У кузнечиков и клопа самки гомогаметны, а самцы гетерогаметны: у моли наоборот, самки гетерогаметны, а самцы гомогаметны.

Механизм, обеспечивающий равное отношение полов в потомстве, аналогичен знакомому нам виду анализирующую скрещивания, когда гибрид гетерозиготный по одной аллельной паре генов, скрещивается с рецессивной гомозиготной формой: Aa x aa. И в том и в другом случае одна родительская форма образует по данной паре признаков разные гаметы, а другая - одинаковые.

В начале 20-х годов XX века американский генетик К.Бриджес пришел к выводу, что у дрозофилы, женский пол определяется не наличием двух X - хромосом; а развитие мужского пола зависит не от сочетаний X - и Y - хромосом: они определяются отношением числа X - хромосом к числу наборов аутосом или половым индексом (X : A). Это положение легло в основу балансовой теории определения пола, по которой при отношении X : A равном 1, развиваются самки, а равном 0,5 - самцы: при значении полового индекса больше единицы образуются сверхсамки, меньше 0,5 - сверх самцы: при значении его между 1-0,5 возникают интерсексы.

Характеристика основных типов определения пола.

Тип определения пола	Организмы	Соматические клетки		Гаметы		Гетерогаметный пол
		♀	♂	Сперматозоиды	•Яйцеклетки	
XY	Человек, млекопитающие, дрозофила и большинство других видов	XX	XY	X и Y	X и X	Мужской
XY	Птицы, бабочки	XY	XX	X и X	X и Y	Женский
XO	Кузнечики, клоп	XX	XO	X и O	X и X	Мужской
XO	Моль	XO	XX	X и X	X и O	Женский

По современным представлениям, гены определяющие половые признаки,- находятся в аутосомах, а гены, обуславливающие действие аутосомных генов пола могут находиться в половых хромосомах или в аутосомах.

Генетически определенное соотношение полов называют первичным соотношением. Однако в процессе развития вследствие неравной жизнеспособности мужских и женских зигот, переопределения пола и других причин соотношение полов может изменяться. Измененное соотношение вызванное

различными факторами в процессе индивидуального развития, называют вторичным соотношением полов. Чаще всего вторичное соотношение полов сдвигается в сторону преобладания самок, что объясняется меньшей жизнеспособностью особей мужского пола. Соотношение полов у разных организмов сильно колеблется. Можно найти примеры почти любого соотношения по полу, вплоть до  $100♀:0♂$  и  $0♀:100♂$ .

Изменение соотношения полов может быть обусловлено как факторами, действующими в ходе онтогенеза, так и генетическими причинами.

В природе определенное соотношение полов контролируется естественным отбором, так как это имеет значение для воспроизведения оптимальной численности вида и поддержания наследственной изменчивости.

Человек стремится к искусственному регулированию соотношения полов. Здесь уже достигнуты определенные результаты. Так, Б.Л. Астауров у тутового шелкопряда вызывал партеногенез действием высокой температуры, при этом отсутствовал мейоз, в потомстве получилось 100% самок. При естественном партеногенезе, когда мейоз происходит нормально, возникают только самцы, так особи УУ гибнут, искусственному регулированию соотношения полов у млекопитающих (кролик, собака и др.) путем разделения спермы с помощью электроореза и последующего искусственного осеменения самок «катодной» или «анодной» спермой.

С этой же целью применяется иммунизация самцов или самок разделенной спермой. Уже удалось получить обнадеживающие результаты; в группах бывает до 80-90 % особей одного пола. Однако эти методы не нашли еще практического применения, так как они не всегда дают ожидаемые результаты, но главный их недостаток состоит в том, что они резко уменьшают оплодотворяемость и плодовитость.

Наследование признаков, гены которых находятся в половых хромосомах, называется наследованием сцепленным с полом. Его впервые установил и изучил Морган. Он в одном опыте скрещивал красноглазых самок с белоглазыми самцами, а в другом белоглазых самок с красноглазыми самцами (реципрокное скрещивание). У дрозофилы красный цвет глаз (W) доминирует над белым (w). При скрещивании красноглазых самок с белоглазыми самцами в первом поколении все потомство (самки и самцы) оказывается красноглазым. При скрещивании особей F<sub>1</sub> между собой во втором поколении F<sub>2</sub> самки оказались красноглазыми, а у самцов половина имела красные, а половина - белые глаза.

При скрещивании белоглазых самок с красноглазыми самцами в первом поколении самки были красноглазыми, а самцы белоглазыми (наследование крест-накрест). В F<sub>2</sub> от скрещивания таких особей между собой половина самок и половина самцов имела белые, а половина – красные глаза.

Фенотип	Белые глаза	Красные глаза
P	♀ WW	♂ WY
Гаметы	W	W Y
Фенотип	Красные глаза	Белые глаза
F <sub>1</sub>	♀ Ww	♂ wY

Гаметы	W	w	w	Y
Фенотип	Красные глаза	Белые глаза	красные глаза	белые глаза
F <sub>2</sub>	♀ Ww	♀ ww	♂ WY	♂ wY

Для объяснения этого необычного случая наследования Морган предположил, что гены, определяющие окраску глаз, находятся в X- хромосоме, а Y- хромосоме этих генов не имеет. На основании этого предположения наблюдаемое расщепление по окраску глаз в связи с наследованием пола было просто и полно объяснено.

Основной вывод, который следует из результатов указанных скрещиваний, можно сформулировать так: гены цвета глаз и гены, определяющие развитие признаков женского пола находятся в одной и той же хромосоме и поэтому передаются по наследству сцепленно (совместно). Нерасхождение половых хромосом у одного из родителей в момент образования половых клеток вызывает у человека тяжелые физические и психические заболевания (синдромы).

Синдром Шерешевского-Тернера-болезнь, проявляющаяся у женщин и выражается в отсутствии яичников, недоразвитии вторичных половых признаков и полном бесплодии, а также необычно маленьком росте и отставании в умственном развитии. В 23 пар хромосом у женщин отсутствует одна X хромосома (44+X).

Синдром Клайнфельтера - болезнь, проявляющаяся у мужчин и выражающаяся в недоразвитии половых желез (яичек), а затем бесплодии, непропорциональном развитии конечностей и часто умственной отсталости. В 23 паре хромосом у мужчин присутствует одна лишняя X хромосома - 44 + XXU.

Синдром трисомия - заболевание у девочек, во многом сходное с синдромом Шерешевского- Тернера, но в своем проявлении отличается большей изменчивостью. При этом в половых хромосомах у девочке. присутствует сразу три X хромосомы -44 + XXX.

### Тестовые вопросы:

**1. В каком соотношении идет расщепление по полу?**

А) 3:1 Б) 12:4 В) 1:2:1 Д) 1:1

**2. Какие половые хромосомы у птиц?**

А) самец XX, самка XU Б) самец UU, самка XX

В) самец XU, самка XX Д) самец XU, самка XU

**3. Понятие об апомиксисе?**

А) образование зародыша в искусственных условиях

В) образование зародыша из ядер соматических клеток

С) образование зародыша в результате слияние половых клеток

Д) образование зародыша без слияние половых клеток

**4. Каково генетическое определения пола?**

А) через половые хромосомы Б) через отдельные гены

В) через аутосомы Д) количеством хромосом

**5. У каких организмов наблюдается ХУ- тип определение пола?**

- А) дрозофилы, человек, овец, крупно рогатый скот
- Б) у тутового шелкопряда, птиц, дрозофилы, крупно рогатый скот
- В) у прямокрылых насекомых, у жуков
- Д) у птиц, у тутового шелкопряда, у пчёл, пауков

**6. У каких организмов наблюдается ZW-тип определения пола?**

- А) у кур, бабочки тутового шелкопряда, коз
- Б) бабочки, птицы и рыбы,
- В) у человека, уток, жуков, лошадей
- Д) у крупного рогатого скота, гусей, дрозофилы

**7. У каких организмов наблюдается XO- тип определения пола?**

- А) у пауков, жуков, рыб, нематод,
- Б) у кур, индюков, клопов
- В) кузнечик, пчёл, клоп, моль
- Д) у саранчи, индюков, нематод

**8. Женщина носительница гена гемофилии вышла за здорового мужчину. Какие дети могут родиться от таких родителей?**

- А) дочери здоровые, один сын здоровые, другой больной
- Б) все дети здоровые
- В) дочери здоровые, сыновья больные
- Д) дочери больные, сыновья здоровые

## **СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ. КРОССИНГОВЕР**

План:

1. Понятие о сцеплении генов
2. Группы сцеплений и численность хромосом
3. Определение расстояния между генами
4. Перекрест хромосом или кроссинговер

Изучая явление сцепления генов, Т.Морган и его ученики установили, что сцепление почти никогда не бывает полным. Только у самцов дрозофилы и самок тутового шелкопряда наблюдается полное сцепление.

Если гены разных аллельных пар лежат в одной и той же хромосоме, следовательно сцеплены, то единственной причиной их рекомбинации может быть процесс конъюгации гомологичных хромосом в профазе мейоза. Во время конъюгации парные хромосомы сближаются и прикладываются друг к другу гомологичными участками, образуют биваленты (четверки хроматид).

В результате перекрещивания двух хроматид пары гомологичных хромосом получают характерные фигуры хиазмы. В это время между

хроматидами может происходить обмен гомологичными участками. Это явление открытый в 1911 г Т.Морганом был назван перекрестом хромосом, или кроссинговером. Гаметы с хромосомами, преуспевшими кроссинговер, называются кроссоверными, а гаметы с хромосомами, образованными без кроссинговера - некроссоверными. Соответственно этому и особи возникшие с участием кроссоверных гамет, называются кроссоверными или рекомбинантными, а образование без них - некроссоверными, или нерекомбинантными. Явление сцепления и перекреста хромосом хорошо изучены у кукурузы.

Так, одна линия имела в гомозиготном состоянии доминантные гены С и S контролирующие образование окрашенного эндосперма и гладкого аллейрона, а другая - их рецессивные аллели с и s, определяющие развитие неокрашенного эндосперма и морщинистого аллейрона. Гибридные растения этого скрещивания имели окрашенный эндосперм и гладкий аллейрон. Гены С и S находятся в одной хромосоме, они сцеплены и поэтому во время мейоза попадают в одну гамету, то же происходит с их рецессивными аллелями с и s, сцепленными в другой хромосоме и попадающими в другую гамету. Так образуется свыше 96% некроссоверных гамет и соответственно этому более 96% не кроссоверных зерен. Но сцепление между генами С и S не полное. При конъюгации хромосом, несущих эти пары генов, происходит перекрест и обмен участками. В результате кроссинговера доминантные и рецессивные гены обмениваются местами - попадают из одной гомологичной хромосомы в другую и образуют кроссоверные гаметы Cs и cS. В этом скрещивании образовалось 3,6 % кроссоверных гамет и соответственно этому такое же количество кроссоверных или рекомбинантных зерен.

У любого вида организмов числа генов всегда во много раз больше числа хромосом. Следовательно, в каждой хромосоме находится много генов, они наследуются вместе, т.е. образуют группу сцепления. Число групп сцепления соответствует числу пар гомологичных хромосом. Например, у дрозофилы имеется четыре, а у кукурузы десять пар хромосом и соответственно этому четыре и десять групп сцепления. Определение групп сцепления - трудоемкая работа, она требует проведения большого числа скрещиваний и наблюдений. Кроме того, для этого необходимо иметь много мутантных форм по различным признакам. Чем больше хромосом у того или иного вида, тем труднее определить группы сцепления. Поэтому они установлены не полностью даже у наиболее хозяйственно важных растений и животных.

Для установления необходимо, чтобы каждая пара хромосома была маркирована хотя бы одним каким-нибудь геном, а лучше несколькими генами, разбросанными по ее длине. Гены маркеры должны иметь хорошо отличающиеся признаки.

Явление кроссинговера, установленное первоначально генетическим методом, в дальнейшем было доказано цитологически на дрозофиле и кукурузе и путем тетрадного анализа на нейроспоре.

Цитологическое доказательство обмена участками гомологичных хромосом у процессе перекреста впервые было получено К.Штерном на

дрозофиле и начале 30-х годов. Затем Г.Крейтон и Б.МакКлинток осуществили то же самое на кукурузе.

Величину перекреста хромосом вычисляют в процентах кроссоверных особей к общему их числу в данном скрещивании. За единицу измерения перекреста принята его величина, равная одному проценту. Иногда ее называют морганидой. На основании анализа и обобщения результатов многочисленных исследований Т.Морган выдвинул гипотезу, по которой гены в хромосоме расположены в линейном порядке.

Во всех опытах по изучению кроссинговера не изменно следовало, что при сцеплении трех генов величина перекреста между двумя к нами всегда равна сумма или разности величин перекреста между двумя другими. Например, у дрозофилы между генами желтого тела (W), белого цвета глаз (w) вильчатых крыльев (v) было получено такое соотношение в величине перекреста:

$$\begin{array}{ccc} & 4,7\% & \\ \text{Жёлтый (W)} & \frac{\quad}{1,2\%} & \text{белый (w)} \frac{\quad}{3,5\%} \text{ вильчатый (v)} \end{array}$$

Из геометрии известно, что такая зависимость характеризует положение трех точек на линии:

$$\begin{array}{ccc} & 4,7\% & \\ \text{A} & \frac{\quad}{1,2} & \text{B} \frac{\quad}{3,5} \text{C} \end{array}$$

$$AC=AB+BC \text{ и } AB=AC-BC \text{ или } BC=AC-AB.$$

Способ установления взаиморасположения генов в хромосоме рассмотрим на следующем примере. В процессе скрещивания установлено, что гены А, В и С наследуются сцепленно, следовательно расположены в одной хромосоме. Оказалось что между генами А и В происходит 5,1 %, а между геном В и С – 2,9 % кроссинговера, т.е. гены А и В сцеплены слабее, чем гены В и С. Но этих данных еще недостаточно для того, чтобы определить место расположения гена С относительно гена В, так как он может быть расположен от него и в другую сторону:

$$\begin{array}{cccc} & 5,1 & & \\ \text{A} & \frac{\quad}{2,2} & \text{C} \frac{\quad}{2,9} & \text{В} \frac{\quad}{\quad} \text{С?} \end{array}$$

Для этого нужно знать, с какой частотой происходит перекрест между генами А и С. Скрещивание показало, что его величина составляет 2,2 % т.е. она равна разности процентов кроссинговера между генами А и В и В и С, полученных ранее. Теперь ясно, что названные три гена расположены в такой последовательности: А – С – В. После того как взаиморасположение трех каких – либо генов установлено, можно определить положение следующего нового гена. Для этого нужно произвести анализирующее скрещивание и вычислить процент перекреста между этим геном и тремя нам уже известными. Затем новый ген наносят на линии в соответствующей точке хромосомы. Поступая подробным образом в отношении многих генов, вовлекаемых в скрещивания для определения частоты кроссинговера, составляют генетические карты хромосом.

Руководствуясь принципом линейного расположения генов и зная частоту перекреста между новым геном и одним – из трех других, взаиморасположение которых уже известно, можно предсказать, с какой частотой произойдет перекрест между ним и двумя другими генами. Пусть например, скрещивание показало, что между новым геном и нанесенным на карту генам А перекрест составляет 4 %.

При этом ген Д может находиться либо вправо, либо влево от гена А:

$$\begin{array}{ccccccc} & & & & 5,1 & & \\ & & & & | & & \\ Д & \text{-----} & А & \underline{2,2} & С & \underline{1,8} & Д & \text{-----} & В \\ & & & & 2,9 & & & & \end{array}$$

Следовательно, перекрест между генами Д и С может быть равным, или 6,2% или 1,8%. Если в скрещивании будет установлена последняя величина, можно Д нанести на карту и не производя нового скрещивания, вычислить величину перекреста между генами Д и В. Очевидно, она будет равна 1,1 %. (ДВ= СВ - СД= 2,9% - 1,8% = 1,1 %).

Гомологические хромосомы могут претерпевать, скручивание и перекрест в нескольких местах. В соответствии с тем, в скольких местах происходит перекрест, он может быть одинарным, двойным, тройным и множественным.

Очевидно, чем в большем числе точек происходит кроссинговер, тем сильнее возрастает рекомбинация генов. Рассмотрим двойной перекрест хромосом. Представим хромосому с тремя последовательно расположенными генами А - В - С. Перекрест может происходить не только между генами А и В или В и С, но и одновременно между ними.

В результате давойного перекреста гены АС и ас оказались снова вместе и находятся в кроссоверных гаметах в той же комбинации, в какой они были у родительских форм.

Кроссоверные гаметы по этим генам отличаются от некроссоверных только благодаря тому, что в скрещивании участвовало третья пара генов В-в. Следовательно, расстояние между генами А и С, определенное путем учета частоты кроссинговера непосредственно между ними, будет меньше того, которое даст суммирование частот кроссинговера на участках А и В и В и С. На силу сцепления генов влияет ряд различных внутренних и внешних факторов. К внешним условиям, влияющим на частоту кроссинговера, относится температура. При повышении или понижении ее по сравнению с оптимальной частоты кроссинговера увеличивается.

В результате последовательного изучения взаиморасположения генов по величине перекреста между ними для каждой пары гомологических хромосом составляют генетические карты хромосом.

На такой карте наносят относительное положение генов, находящихся в одной группе сцепления. В настоящее время генетические карты составлены для дрозофилы, кукурузы, помидоров, нейроспоры и некоторых других видов организмов. Наиболее подробные генетические карты составлены для дрозофилы, у которой изучено более 500 мутантных генов, а также для кукурузы, имеющей в 10 группах сцепления свыше 400 генов.

При рассмотрении генетических карт обращает на себя внимание неравномерное распределение генов по длине хромосомы. На одних участках гены располагаются чаще, чем на других, а некоторые участки хромосом вообще генетически неактивны.

В итоге разбора основных положений хромосомной теории наследственности во второй период ее развития можно сделать следующие основные выводы.

1) Гены находятся в хромосомах, расположены линейно и образуют группы сцепления число которых равно числу пар хромосом.

2) Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются сцепленно. Сила сцепления, зависит от расстояния между генами.

3) Между гомологичными хромосомами возможен перекрест, в результате которого происходит рекомбинация генов, являющаяся важным источником материала для естественного и искусственного отбора.

4) Сцепление генов и их рекомбинация в результате перекреста - закономерные биологические явления, в которых выражается единство наследственности и изменчивости организмов.

#### **Тестовые вопросы:**

**1. Какие кроссоверные и некроссоверные гаметы образуются у животного имеющего в одной гомологической хромосоме гены А и в а в другой – а и В?**

- А) кроссоверные АВ и ав, некроссоверные АВ и аВ
- Б) кроссоверные Ав и АВ, некроссоверные аВ и АВ
- В) кроссоверные Ав и аВ, некроссоверные Ав и ав
- Д) кроссоверные АВ и ав, некроссоверные Ав и аВ

**2. Что такое группа сцепления?**

- А) гены, расположенные в одной хромосоме и наследуемые вместе
- Б) набор признаков, наследуемых вместе
- В) гены, расположенные в аутосомах
- Д) гены, расположенные в половых хромосомах

**3. Чему равно число групп сцепления?**

- А) количеству хромосом, соответствующее каждому виду организмов
- Б) количеству гаплоидного набора хромосом каждого вида
- В) количеству половых хромосом
- Д) количеству аутосом

**4. Что такое кроссинговер?**

- А) разрыв хромосом
- Б) обмен идентичными участками гомологичных хромосом
- В) разрыв хромосом только с одного кольца
- Д) обмен хромосом схожими участками

**5. Чем отличается кроссинговер от транслокации?**

- А) транслокация обмен между участками негомологичных хромосом, а кроссинговер обмен участками гомологичных рядов

- Б) транслокация обмен между участками гомологичных хромосом, кроссинговер обмен участками гомологичных рядов
- В) транслокация потеря какого-либо участка хромосом, кроссинговер обмен участками гомологичных хромосом
- Д) транслокация уничтожение отдельных участков хромосом, кроссинговер обмен участками гомологичных хромосом

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ЕГО ЗАКОНОМЕРНОСТЬ

### План.

1. Изменчивость и разновидность. Методы изучения изменчивости
2. Мутационная изменчивость
3. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости
4. Модификационная изменчивость

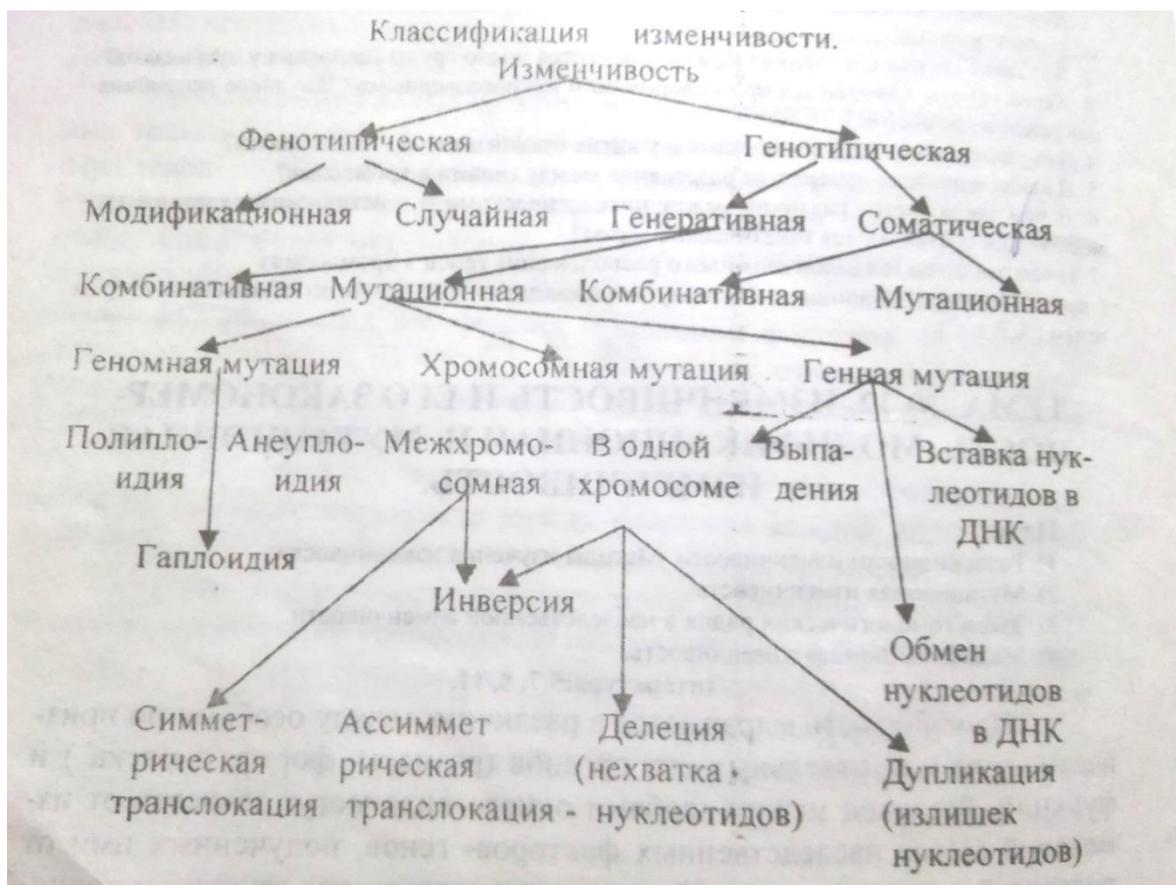
Изменчивость выражается в различиях между особями по признакам тела или отдельных его органов (размеры, форма, окраска ) и функций. Различия между особями одного вида могут зависеть от изменений самых наследственных факторов- генов, полученных ими от родителей и внешних условий, в которых реализуется генотип и происходит развитие организма. В соответствии с этим изменчивость организмов выражается в двух видах: генотипической и модификационной . Генотипическая изменчивость делится на комбинационную и мутационную.

Комбинационная или гибридная изменчивость характеризуется появлением новообразований в результате сочетания и взаимодействия генов родительских форм.

Мутационная изменчивость, мутации (от лат.mutatio – изменение, перемена) вызывают структурные изменения генов и хромосом, ведущие к появлению новых наследственных признаков и свойств организма. Процесс возникновения мутаций называется мутагенезом который делится на естественный или спонтанный и искусственный. Мутационная или фенотипическая изменчивость не вызывает изменений генотипа. Она связана с реакцией одного и того же генотипа на изменение внешних условий, в которых протекает развитие организмов и которые создают различия в формах его проявления.

Один и тот же генотип проявляется в разных фенотипах. Генотип характеризует норму реакции т.е. способ его реагирования на изменение окружающих условий.

Нормой реакции определяются приспособительные возможности сортов и их ареалы. Особую ценность представляют сорта способные давать высокую продуктивность при благоприятных условиях и незначительно снижать её в неблагоприятных, например, при засухе. К таким сортам озимой пшеницы относятся Безостая-1 и Мироновская- 308. Первый из них даёт самые высокие урожаи при орошении и незначительно снижает их в засушливых условиях, второй же отличается очень высокой урожайностью при хороших условиях перезимовки и лучше чем большинство других сортов переносит зимы, неблагоприятные для пшеницы. Но модификации не исчерпываются ими. На одном квадратном метре посева любого сорта пшеницы или другой культуры нельзя найти двух растений, которые не отличались в той или иной степени друг от друга. И в том и в другом случае речь идёт о модификационной изменчивости.



Прерывистое, скачкообразное изменение наследственности какого либо признака получило в генетике название мутации. Этот термин впервые ввел в науку голландский генетик Г.Де-Фриз.

В результате обобщения своих наблюдений над мутациями у энотеры Де-Фриз создал мутационную теорию, которая была окончательно сформулировано в книге «Мутации и периоды мутаций при происхождении видов» изданной в 1901 г.

Появление мутационной теории Де-Фриза способствовало выявлению и описанию мутаций у различных видов растений и животных. Очень давно были обнаружены и описаны деревья с красными листьями. В начале прошлого столетия во Франции вблизи Версаля среди семян обыкновенного барбариса была обнаружена краснолистная.

У животных также описано большое число мутаций. Многие из них были перечислены ещё Дарвином. Наиболее подробно изучены мутации у плодовой мушки *Drosophila*. Так все мухи в природных условиях имели красные глаза, ген, определяющий красный цвет глаз был назван геном дикого типа, а ген, определяющий белый цвет, обнаруженный Морганом, мутантный геном (аллелом первого).

В естественных условиях мутации возникают сравнительно редко. Частота спонтанного мутирования гена зависит от генотипа, так и от физиологических и биохимических изменений, происходящих в клетке под влиянием внешних условий в которых развивается организм.

Раньше считалось, что мутации происходят под влиянием неизвестных внутренних причин, заложенных в самой природе организмов. Появление мутаций сравнивалось с процессом самопроизвольного распада атомов радий. Но в 1925 г. ученые Ленинградского радиового института Г.Л.Надсон и Г.С.Филиппов впервые в мире получили мутации у дрожжевых грибов под влиянием лучей радия. Через 2 года в 1927 г., американский генетик Г.Мюллер опубликовал работу «Искусственные трансмутации гена», в которой сообщалось о большом повышении частоты мутаций у дрозофилы при облучении ее лучами рентгена. В 1928 г. в США Л.Стадлер получил рентгеномутации у ячменя и кукурузы. Эти открытия доказывали, что наследственные изменения мутации у растений, животных и микроорганизмов можно вызвать в эксперименте, воздействуя внешними условиями. Как в природе, так и в опытах мутации возникают под влиянием различных воздействий, называемых мутагенными факторами или мутагенами.

Применяемые для искусственного получения мутаций мутагены делятся на физические и химические. К физическим мутагенам относятся: радиация, высокая и низкая температура, механические воздействия, ультразвук, качества химических мутагенов. К числу химических мутагенов относятся различные органические и неорганические соединения азотистых оснований, акридиновые красители, уреатан, формальдегид, колхицин и другие вещества. Действия мутагенов на наследственные структуры клеточного ядра неодинаковы, поэтому возникают различные мутации. Можно выделить три типа мутаций.

По действию мутации делят на морфологические, физиологические и биохимические.

По проявлению мутации могут быть доминантными и рецессивными, последние возникают значительно чаще, чем доминантные. Мутационный процесс как правило, идет от доминантности к рецессивности. Доминантные мутации проявляются сразу же в гетерозиготном состоянии: рецессивные могут проявляться, только когда мутировавший ген окажется в гомозиготном состоянии. По относительному влиянию на жизнеспособность и плодовитость организма мутации делятся на полезные, нейтральные и вредные.

Совокупность всех мутаций, возникающих у организма под действием определенного мутагена, называют спектром мутаций. Изучение наследственной изменчивости у различных систематических групп растений позволило Н.И.Вавилову сформулировать закон гомологических рядов. По этому закону виды и роды, генетически близкие характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что зная ряд форм в пределах одного вида можно предвидеть нахождение аналогичных форм других - чем ближе генетически в общей системе роды и виды, тем полнее сходство в рядах их изменчивости. Целые семейства растений характеризуются определенным циклом изменчивости, проходящей все роды и виды, их составляющие. Закон гомологических рядов Вавилов выразил формулой;

$$G, (a+b+c...)$$

$$G_2(a+b+c...)$$

$$G_3(a+v+c)$$

Где  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$  обозначают виды и  $a$ ,  $v$ ,  $c$ ... - различные варьирующие признаки, например окраску, форму стеблей, листьев, семян и др.

В настоящее время с полным основанием можно сказать, что у родственных видов, имеющих общее происхождение, возникают и сходные мутации. Более того, даже у представителей разных классов животных мы встречаем параллелизм - гомологические ряды мутаций по морфологическим, физиологическим и особенно биохимическим признакам и свойствам. Исходя из закона гомологических рядов, следует принять что если обнаруживается ряд спонтанных или индуцированных мутаций у одного вида животного или растения, то можно ожидать сходный ряд мутаций и у других видов этого рода.

Как уже было отмечено организмы, имеющие одинаковые генотипы, но развивающиеся в различных условиях внешней среды, могут иметь разные фенотипы. Такое фенотипичное разнообразие особей называется модификационной изменчивостью. Модификационная изменчивость ограничено нормой реакции. Нормой реакции называется генотипически определяемая способность организма варьировать степень выраженности признаков в определенных пределах в зависимости от условий внешней среды. Для изучения нормы реакции прежде всего необходимо иметь генетически однородный материал и помещать его в варьирующие условия внешней среды.

Достаточно однородным материалом могут служить у растений клоны и чистые линии.

В качестве условий, вызывающих модификационную изменчивость и помогающих в изучении нормы реакции, могут быть использованы самые разнообразные, точнее любые условия внешней среды.

Модификационная изменчивость носить массовый характер и именно этот тип изменчивости Ч.Дарвин называл определенной изменчивостью.

Сущность модификационной изменчивости особенно хорошо видна на примере количественных признаков; организм наследует способность развития признака, степень выраженности которого зависит от взаимодействия генотипа и условий внешней среды. Знание нормы реакции имеет большое значение в практике сельского хозяйства получения высоких урожаев растений и высокий продуктивности животных при оптимальных условиях их содержания, при перенесении растений и животных в новые климатические районы и т.д.

### **Тестовые вопросы:**

#### **1. Что такое изменчивость?**

- А) наследственные и ненаследственные изменения, происходящие в организмах
- Б) изменения какого –нибудь признака из одного состояния в другое под воздействием внутренних или внешних факторов, или образования нового признака
- В) переход какого-нибудь признака из одного состояния в другое
- Д) онтогенетические изменения в организмах

#### **2. Какая изменчивость называется модификационной?**

- А) комбинационная изменчивость

- Б) генотипическая изменчивость
- В) мутационная изменчивость
- Д) ненаследственная изменчивость

**3. В каком ряду приведены наследственные изменения, передающиеся от поколения к поколению?**

- А) рекомбинационная, модификационная, неопределенная, определенная
- Б) мутационная, комбинативная, рекомбинационная, неопределенная
- В) мутационная, модификационная, комбинативная, определенная
- Д) мутационная, комбинативная, рекомбинационная, определенная

**4. Что такое мутационная изменчивость?**

- А) наследственная изменчивость, которая возникла в результате изменений в генотипе организмов под действием внешних и внутренних факторов
- Б) изменчивость, не передающаяся потомству
- В) любая изменчивость, возникшая в организме и передающаяся потомству
- Д) изменения которые образуются в ходе развития организмов

**5. Определите основные типы мутационной изменчивости?**

- А) генные, хромосомные мутации, мутации половых хромосом и аутосом
- Б) геномные, генные, хромосомные
- В) мутации внутри гена, митохондриях, хромосомные перестройки
- Д) генные, внутри генные, внутривхромосомные, межхромосомные мутации, связанные с пластидами

**6. Кто сформировал закон гомологичных рядов?**

- А) Ч. Дарвин Б) Н.И. Вавилов В) Г.Де-Фриз Д) Г. Мёллер

## **ПОЛИПЛОИДИЯ. ОТДАЛЕННАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ**

План:

1. Типы полиплоидии и классификация полиплоидов
2. Методы искусственного получения полиплоидов
3. Нескрещиваемость видов, ее причина и методы преодоления
4. Особенности формообразования в потомстве отдаленных гибридов

Число, форма и размер хромосом являются систематическими признаками для каждого вида. Основной единицей кариотипа является гаплоидный набор хромосом, т.е такой набор, в котором из каждой пары гомологичных хромосом представлено только одна. Совокупность генов, заключенную в таком гаплоидном наборе называют геномом, а число хромосом в гаплоидном наборе - основному числом обозначают буквой *n*.

Митоз и мейоз являются тончайшими механизмами деления клетки, обеспечивающими постоянство числа хромосом из поколения в поколения. Однако в некоторых случаях эти механизмы нарушаются, что может выражаться в неравном расхождении хромосом к полюсам клетки - нерасхождение хромосом, а также в удвоении хромосом, но без цитокинеза (эндомиоз). В результате таких нарушений возникают клетки с измененным числом хромосом. Изменение числа хромосом может происходить за счет

увеличения или уменьшения числа целых гаплоидных наборов или отдельных хромосом. Организмы, у которых произошло умножение целых гаплоидных наборов, называют полиплоидами. Организмы, у которых числа хромосом не является кратным гаплоидному, называют анеуплоидами и или гетероплоидами.

По характеру возникновения полиплоидов можно подразделить на два типа: митотический и мейотический. Первый связан с нарушением митоза в соматических клетках, второй - с нарушением мейоза- процесса образования микро и макроспор. Преимущественно полиплоидные формы возникают в результате нарушений митоза. Мейотическая полиплоидия происходит реже.

Автополиплоиды - организмы, получающиеся в результате кратного увеличения гаплоидного набора хромосом одного и того же вида. Он может быть четным и нечетным. Следовательно, автополиплоиды могут быть со сбалансированным и несбалансированным числом геномов. При увеличении гаплоидного набора в 4 раза (или удвоения диплоидного набора) получают тетраплоиды, при увеличении в 6 раз - гексаплоиды, в 8 раз- октаплоиды. Если гаплоидное число увеличивается в 3 раза, образуются триплоиды, при увеличении гаплоидного числа в 5 раз- пентаплоиды и т.д.

Тетраплоид, гетерозиготный по тому же аллелю AAaa, при правильном расхождении хромосом в мейозе образует три типа гамет в отношении 1 AA : 4Aa : 1aa. Если в одну гамету отойдут хромосомы с двумя доминантными генами AA, то другая получит хромосомы с двумя рецессивными генами aa; кроме того, каждая из хромосом с доминантным геном А может отойти в паре с каждой из хромосом, несущих один из рецессивных генов и это дает четыре одинаковые комбинации Aa.

♀	♂	1AA	4 Aa	1aa
1AA		1AAAA	4AA A a	1AA aa
4Aa		4AAAAa	16 AAaa	4 Aaaa
1aa		1AAaa	4Aaaa	1aaaa

Таким образом, расщепление в F<sub>2</sub> по фенотипу тетраплоидного гибрида AAaa идет в отношении 35:1. Те же результаты можно получить и алгебраически: (1 AA + 4Aa + 1aa) (1AA+ 4Aa+ 1aa) = 1AAAA + 8AA Aa +18A Aaa +8 Aaaa + 1 aaaa).

В результате полного доминирования все особи, имеющие хотя бы один доминантный ген А, фенотипически будут не различимы и следовательно, расщепление по фенотипу произойдет в отношении 35:1. Расщепление в F<sub>2</sub> по двум парам аллелей у диплоидных форм идет в отношении 9: 3:3: 1 а автотетраплоидных - 1225 : 35: 35 : 1. Число классов по генотипу при расщеплении по одной паре аллелей у тетраплоидов равно пяти вместо трех у диплоидов.

У автотетраплоидов во втором и последующих поколениях сохраняется более высокий уровень гетерозиготности, чем у диплоидных форм. Явление может быть использовано для преодоления гетерозиса гибридов в нескольких поколениях при переводе их с диплоидного уровня на тетраплоидный.

Аллополиплоиды-организмы, возникающие в результате объединения разных наборов хромосом. В отличие автополиплоидов, характеризующихся гомогенностью, аллополиплоиды - гетерогеномны.

Аллополиплоиды, создающихся в результате четного увеличения хромосомных наборов при скрещивании двух видов или родов называются амфидиплоидами (от греч. ambi- оба).

Аллополиплоиды, имеющие три гаплоидных набора хромосом, принадлежащих разным видам, называются аллотриплоидами, пять - аплопентаплоидами, и .т.д.

При скрещивании двух разных видов или родов обычно получается бесплодное потомство, так как у них вследствие неродственных геномов конъюгация хромосом нормально проходить не может, и образуются нежизнеспособные гаметы.

Классическим примером аллополиплоидии служат капустно- редечные гибриды, полученные Г.Д.Карпаченко в 1924г.

Анеуплоиды - организмы, имеющие в основном наборе увеличенное или уменьшенное, но не кратное гаплоидному число хромосом. Анеуплоиды, у которых недостает одной из пары гомологичных хромосом, называется моносомиками ( $2n - 1$ ); если недостает двух гомологичных хромосом, это нуллисомики ( $2n-2$ ); В первом случае отсутствует одна из гомологичных хромосом какойто пары, во втором - полностью выпадает одна пара гомологичных хромосом.

Анеуплоиды, у которых полный набор увеличен на одну хромосому, называются трисомиками ( $2n+1$ ), а если таких дополнительных хромосом окажется две, это будет тетрасомики ( $2n+2$ ). Нарушения в распределении хромосом,приводящие образованию анеуплоидных организмов, возможны как в митозе, так имейозе. Анеуплоиды могут возникать спонтанно при неправильном расхождении хромосом во время деления клеток.

Таким образом, анеуплоидный метод позволяет не только устанавливать наличие того или иного гена в определенной хромосоме, но соединять хромосомы различных видов или переносить их отдельные локусы из одного генома в другой.

Гаплоиды- организмы, у которых содержатся в 2 раза меньше хромосом ( $n$ ), чем у исходных форм. Гаплоиды развиваются из одной клетки с генотипом гамета, минуя оплодотворение: из яйцеклетки синергиды, антиподы или пыльцевого зерна.

Одна из самых характерных особенностей гаплоидов уменьшение размеров всех клеток и органов.

Для искусственного получения гаплоидов используют несколько методов: 1) Опыление чужеродной пыльцой, 2) Опыление растений пыльцой,

обработанной лучами Рентгена или гамма - лучами. 3) Близнецовой метод, 4) Задержка опыления. 5) Культура пыльников.

У животных полиплоидия - явление чрезвычайно редкое. Объясняется это разделением пола и особенностями хромосомного механизма его определения. Получение аллополиплоидов у животных считалось невозможным. Но сравнительно недавно Б.П.Астауров, используя способность тутового шелкопряда к партеногенезу получил первый искусственный аллополиплоид у животных организмов.

Искусственное получение полиплоидов давно привлекло внимание ученых, но в течение многих лет оно встречало большие трудности. Перелом в экспериментальной полиплоидии произошел в 1937 г, когда американские генетики А.Бленсли и А.Айвери обнаружил, что колхицин вызывает удвоение числа хромосом в клетках. Колхицин (C<sub>22</sub>H<sub>25</sub>O<sub>6</sub>) - алколоид, сильный растительный яд.

Для получения полиплоидов в большинстве случаев воздействуют на соматические ткани интенсивно делящихся клеток растений. При этом возникает химерная ткань, состоящая из клеток различной ploидности: наряду с диплоидными (2x) образуются тетраплоидные (4x) клетки, а также клетки типа 8x, 16x и т.д. При мейотической полиплоидии колхицин производит блокаду движения хромосом в метафазе I или в метафазе II. И в том и другом случае образуются гаметы с так называемым редукционным, т.е. с удвоенным против нормального число хромосом.

С 1937 г колхицин применяется очень широко, он произвел подлинную революцию в экспериментальной полиплоидии. С его помощью триплоидные и гетраплоидные формы получены в настоящее время более чем у 500 видов растений.

Отдаленная гибридизация. Отдаленной гибридизацией называется скрещивание между организмами, относящимися к разным видам или родам. В соответствии с этим отдаленная гибридизация делится на межвидовую и межродовую.

Отдаленная гибридизация имеет более чем двухвековую историю. 1755-1806 Г.И.Кельрейтер проводил отдаленную гибридизацию, используя в скрещиваниях более 50 видов, принадлежащих к 13 ботаническим родам. Первый отдельный гибрид между двумя видами табака он получил в 1760 г.

При отдаленной гибридизации идет сложный формообразовательный процесс. В результате рекомбинации генов появляются формы с такими признаками и свойствами, получение которых невозможно при внутривидовой гибридизации.

Отдаленные гибриды очень часто отличаются повышенной мощностью развития, гигантским ростом, крупностью плодов и семян зимостойкостью и засухоустойчивостью. Исключительно велико значение отдельной гибридизации в создании сортов, устойчивых к болезням.

Огромное влияние на развитие теории и практики отдельной гибридизации имели труды И.В.Мичурина. Он считал ее могущественным методом создания новых форм и сортов растений.

Главная причина нескрещиваемости видов растений обусловлена их генетической изоляцией, несовместимостью генотипов. Она проявляется в непроращении пыльцы или таком медленном ее проращении, что оплодотворения не происходит, а также в отсутствии слияния гамет и в ранней гибели образовавшегося зародыша.

Ряд оригинальных методов преодоления нескрещиваемости растений при отдаленной гибридизации разработана и успешно применял И.В.Мичурин. К ним относятся: опыление смесью пыльцы, метод предварительного вегетативного сближения и метод посредника.

Гибриды между яблоком и грушей, вишней и черемухой, айвой и грушей, абрикосом и сливой были получены» при опылении смесью пыльцы, взятой с растений разных видов и родов.'

Метод предварительного вегетативного сближения заключается в прививке растений разных видов, которые обычным путем нескрещиваются. При скрещивании тканей привитых растений может изменяться химический состав генеративных органов, в результате чего стимулируется проращение пыльцевых трубок одного вида в пестике цветка другого вида.

Метод посредника И.В.Мичурин предложил использовать в тех случаях, когда два нужных вида непосредственно не скрещиваются между собой, но их можно вовлечь в гибридизацию путем ступенчатого скрещивания. Предположим, что вид А не скрещивается с отделенным видом В, но последний довольно легко скрещивается с третьим, более близким видом С. Тогда сначала скрещивают виды В и С между собой, а затем полученный гибрид, называемый посредником, скрещивают с видом А.

### Тестовые вопросы:

#### 1. Что такое полиплоидия?

- А) удвоение какого –либо участка хромосом
- Б) удвоение хроматид в интерфазе
- В) удвоение число хромосом на одну или две хромосомы
- Д) кратное увеличения гаплоидного числа хромосом

#### 2. Причины бесплодия гаплоидных растений?

- А) образование унивалентов в мейозе
- Б) нарушения оплодотворения
- В) нарушения митотического деления
- Д) образование бивалентов в мейозе

3. К чему равно основное число хромосом (X) в следующем полиплоидном ряду: 12, 24, 48, 144

- А) 6 Б) 12 В) 24 Д) 72

#### 4. Что такое основное число хромосом?

- А) наибольшее диплоидное число хромосом в полиплоидном ряду
- Б) наибольшее гаплоидное число хромосом в полиплоидном ряду
- С) наименьшее диплоидное число хромосом в полиплоидном ряду
- Д) наименьшее гаплоидное число хромосом в полиплоидном ряду

### 5. Укажите формула нуллисомиков?

- А)  $2n+2$     В)  $2n+1$     С)  $2n-2$     D)  $2n-1$

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОПУЛЯЦИЯХ

План:

1. Популяция и ее структура
2. Изменение генетического строения популяций под влиянием паратиписических факторов
3. Влияние отбора на структуру популяций
4. Генетико - автоматические процессы. Гомеостаз и полиморфизм популяций

Представление о генетике будет не полным, если не попытаться выяснить, какую роль играют закономерности наследственности и изменчивости в процессе эволюции организмов.

Взаимодействия и взаимосвязь факторов эволюции в ходе видообразования можно понять лишь на основе знания генетических закономерностей жизни и популяции как организованной совокупности особей, являющейся основой жизни и эволюции видов. Всю генетическую информацию вида, т. е. полный набор генов, сложившийся в процессе его эволюции, называют генофондом вида. Вид состоит из отдельных популяций, которые представляют совокупность особей одного вида, характеризующихся общностью местообитания и приспособления к данным условиям жизни. Популяции складываются под влиянием условий существования на основе взаимодействия трех факторов эволюции: наследственности, изменчивости и отбора.

Популяция - это главный структурный элемент вида, форма его существования в данных условиях. Вид представляет собой генетически закрытую систему, популяция - система генетически открытая. Поэтому процесс видообразования в общей форме сводится к преобразованию генетически открытых систем в генетически закрытые.

Любая популяция представляет смесь особей, не вполне генетически одинаковых. Многие гены существуют в виде различных аллелей и разные особи отличаются друг от друга по этим аллелям. Для понимания генетических процессов, протекающих в популяции, необходимо знать, какие закономерности управляют распределением генов между особями, изменяется ли то распределение из поколения в поколение и если изменяется, то каким образом. На основе этого мышления впоследствии сформировалось учение в генетике популяций, возникла популяционная генетика. Она изучает законы динамики генетических преобразований, происходящих в природных и экспериментальных популяциях животных, растений и микроорганизмов.

Большое влияние на генетические процессы и структуру популяций оказывает способ размножения. В связи с этим популяции самоопыляющихся и

перекрестноопыляющихся растений существенно различаются. Если группа особей какого-либо вида размножается путем самоопыления и возможность перекрестного опыления у них исключены, то это не популяция.

Однако в природе почти нет таких видов растений, которые размножались бы исключительно путем самоопыления. Даже у самых строгих, облигатных самоопылителей хотя и редко, но растения переопыляются или, во всяком случае способны переопыляться. Следовательно, в любой группе растений-самоопылителей составляющие ее отдельные линии могут обмениваться генетическим материалом, передавать возникающие наследственные изменения друг другу и она может рассматриваться как потенциальная популяция.

Все животные и подавляющее большинство растений представлены видами, размножающимися путем свободного скрещивания. Эволюционные процессы в популяциях таких организмов протекают очень сложно и подчиняются определенным закономерностям. В 1908 г английский математик Г.Харди и немецкий врач Н.Вайнберг независимо друг от друга установили закон которому подчиняется частота распределения гетерозигот и гомозигот в свободное скрещивающейся популяции и выразили его в виде алгебраической формулы.

Оказалось, что частота членов пары аллельных генов в популяции распределяется в соответствии с коэффициентом размножения бинома Ньютона  $(p+q)^2$ . Эта представляет собой формулу  $p^2AA+2pqAa+ q^2aa$ . В котором  $p^2$  равно число гомозиготных доминантных особей,  $q^2$  - число гомозиготных рецессивных особей,  $2pq$ - число гетерозиготных особей по обоим аллелям.

По закону Харди-Вайнберга в свободно скрещивающейся популяции исходное в потомстве гомозигот (доминантных и рецессивных) и гетерозигот остается постоянным.

В любой популяции непрерывно идет мутационный процесс, в результате которого в ее генофонд вносятся все новые и новые наследственные изменения. Мутации служат важнейшим источником наследственных изменений. Несмотря на то что, частота спонтанного мутирования одного отдельного гена очень мала, общее количество различных мутаций в связи с огромным числом генов в организме достаточно велико.

Разные гены имеют различную мутабельность: одни мутируют с высокой частотой, другие отличаются пониженной мутабельностью. Поэтому мутационное давление оказывает наибольшее влияние на генетическую структуру популяций в отношении высокомутабельных генов. Под влиянием мутационного давления в популяции повышается наследственная вариация каждого гена до тех пор, пока не будет достигнуто популяционное равновесие. Мутационный процесс в популяции проявляется не в чистом виде, он связан с действием отбора.

Наиболее сильное влияние на изменение структуры популяций оказывает отбор, Под влиянием его концентрация одних генов повышается, а других - снижается. Организмы, более приспособленные к данным условиям среды, дают более многочисленное потомство. При изменении условий среды преимущества в борьбе за жизнь получают наиболее приспособленные особи и

соответствии с этим структура популяции перестраивается. Принципы действия естественного и искусственного отбора одинаковы. Разница между ними заключается в том, что при естественном отборе структуры популяций перестраиваются под влиянием изменений среды обитания данных видов, при искусственном же отборе они изменяются под направляющим воздействием человека. Важнейшей особенностью естественного и искусственного отбора является их направленность. Ненаправленного отбора в эволюции и селекции не существует. Направление действие отбора определяется условиями внешней среды, в которой протекает онтогенез. Отбор действует на организм как целое, а не на отдельные его признаки. Действие отбора на генотип происходит через фенотип.

Скорость отбора количественно характеризуется коэффициентом отбора  $S$ . Эта величина показывает, какая часть особей определенного генотипа погибает, не оставив потомства. Если в популяции ген  $a$  из 1000 исходных особей передается 999 потомкам, а его доминантный аллель  $A$  полностью сохраняется у всех 1000 потомков, то коэффициент отбора будет равен  $0.001$  ( $1000 - 0,999 = 0,001$ ). Действие отбора проявится в том, что частота аллелей  $a$  уменьшается. Коэффициент отбора изменяется в пределах от  $+1$  до  $-1$ . Значение  $+1$  характеризует полный положительный отбор, при  $S=0$  отбор отсутствует, при  $S=-1$  отбор идет в противоположном данному направлению.

Естественный отбор - главная движущая сила эволюции. Но наряду с давлением естественного отбора существуют и другие факторы, влияющие на скорость генетического преобразования популяцией.

Работами Н.П.Дубинина и С Райта в начале 30-х годов прошлого века было показано, что неизменное сохранение в популяции независимо от ее размеров концентрации аллелей в ряде поколений в соответствии с знаком Харди- Вайенбсрга невозможно даже и в том случае, если на нее не действуют процессы эмиграции. Было установлено, что в популяциях происходят случайные колебания частоты генов, названные С.Райтом дрейфом генов, а Н.П.Дубининым - генетика- автоматическими процессами.

Генетика автоматические процессы один из факторов органической эволюции. Они связаны сестественным отборам и по отношению к нему имеют подчиненное значение.

Однако в некоторых специфических условиях роль генетико-автоматических процессов в эволюции может быть существенной. Следовательно, преобразование популяций происходит под влиянием естественного отбора и генетико-автоматических процессов.

Под изоляцией в генетике популяций понимается любое нарушение случайного скрещивания (панмиксии). Изоляцию делят на три основные формы: географическую, биологическую и экономическую. Географическая изоляция результат разделения группы организмов какой-либо физической преградой (море, река, гора, пустыня, ледник) Биологическая изоляция делится на генетическую и физиологическую. При генетической изоляции ограничивается или полностью исключается свободное комбинирование генов. К факторам генетической изоляции относятся полиплоидия, хромосомные

перестройки, несовместимость ядра и цитоплазмы, различные нарушения нормального течения мейоза, приводящие к образованию нежизнеспособных гамет, возникновение мутаций, вызывающих стерильность или летальный эффект, и т.д. Физиологическая изоляция будучи генетически обусловленной, проявляется, например, в избирательности спаривания или опыления, специфического опыления насекомыми, в действии безусловных рефлексов, под влиянием которых птицы ежегодно возвращаются к прежним местам гнездований, а рыбы уходят на нерест в определенные реки, в различиях в строении половых органов, отсутствии полового влечения между самцами и самками разных популяций и т.д.

Экологическая изоляция возникает в результате того, что разные группы организмов, обитающие в одной географической области, занимают различные местообитания.

Таким образом, различные формы изоляции, ограничивающие обмен генами между группами организмов или препятствующие такому обмену, действует не только отдельно, но часто и в сочетании друг с другом. В любую популяцию путем скрещивания могут включиться мигрировать генотипы из другой популяции. При этом быстро изменяется частота имеющихся в популяции аллелей или появляются новые гены, ранее в ней отсутствовавшие.

Следовательно, популяция может подвергаться давлению миграции, в результате которого границы между популяциями сглаживаются, а генетическое разнообразие возрастает.

Популяция свободно скрещивающихся особей вследствие постоянно совершающегося обмена генами существует как единая генетическая система, обладающая свойством саморегуляции. Способность популяции восстанавливать в результате саморегуляции определенную частоту генов, временно нарушенную под влиянием эволюционных факторов, называется генетическим или популяционным гомеостазом.

Наряду с гетерозиготностью важным механизмом генетического гомеостаза популяций является их полимерное строение. Полиморфизм заключается в одновременном присутствии в ареале одной популяции двух или нескольких генетически и фенотипически различающихся форм.

И так, благодаря действию ряда факторов, влияющих на генетическую структуру популяций, происходит процессы их формирования и генетической динамики, что составляет микроэволюцию.

### **Тестовые вопросы:**

#### **1. Популяция под влиянием каких факторов складывается?**

- А) видообразования, изменчивость, отбор
- Б) наследственность, изменчивость, отбор
- В) самоопыления, наследственность, естественный отбор
- Д) перекрестного опыления, изменчивость, отбор

#### **2. Популяция – это.....?**

А) главный структурный элемент вида, форма его существования в данных условиях  
Б) составная часть вида

В) генетически открытая система  
Д) все ответы правильные

**3. Кем был установлен закон частоты распределения гетерозигот и гомозигот в свободно скрещивающейся популяциях?**

А) Г. Харди      Б) Н. Вайнбер      В) Г. Харди и Н. Вайнбер      Д) Ньютон

**4. Сколько форм генетически изоляции популяции существует?**

А) 2    Б) 3    В) 4    Д) 5

**5. Какие основные формы изоляции популяции существуют?**

А) географические, биологические, экономические

Б) экологические, генетические, физиологические

В) биологические, экологические, экономические

Д) географические, экономические, генетические

## ГЕТЕРОЗИС. ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

План:

1. Понятие о аутбридинге и инбридинге

2. Разновидности гетерозиса и их использование в практике

3. Проблемы сохранения гетерозиса и теории гетерозиса

4. Цитоплазматическая наследственность. Использование цитоплазматической мужской стерильности

Наличие наследственной изменчивости позволяет путем различных систем скрещивания сочетать определенные наследственные признаки в одном, а также избавляться от нежелательных свойств. Необходимым условием использования комбинативной изменчивости в селекции является подбор форм для скрещивания.

Прежде всего следует выделить родственное скрещивание, или инбридинг (в животноводстве), и самоопыление или инцухт (в растениеводстве). Однако во избежание путаницы можно пользоваться одним термином - инбридинг. Неродственное скрещивание (аутбридинг) делится на внутри породное или внутрисортное, межпородное или межсортное, и отдаленную гибридизацию. Существует два способа скрещивания; родственное и неродственное.

Методы скрещивания (разведения)

Родственное (самоопыления)

неродственное

Внутри породное (Внутрисортное)

Межпородное (межсортное)

Отдаленная гибридизация

Среди огромного видового многообразия животных и растений наблюдается различные выражения аутбридинга и инбридинга. Среди огромного видового многообразия животных и наблюдаются различные степени выражения аутбридинга и инбридинга.

Крайняя степень выражения инбридинга-самооплодотворения свойственна большому числу растений и некоторым беспозвоночным животным. У многих видов организмов существуют биологические и генетические барьеры, препятствующие самооплодотворению и скрещиванию между близкородственными особями»

Известны случаи, когда скрещивание между сестринскими растениями не может происходить потому что у них имеются аллели несовместимости.

Аутбридинг ведет к повышению наследственной изменчивости, инбридинг, наоборот, увеличивает гомозиготность что обуславливает константность потомства в популяции.

Поэтому вредное влияние инбридинга-депрессию-связывают обычно с переходом летальных или вредных генов в гомозиготное состояние.

Однако известно, что в природе существует виды, для которых самооплодотворение является, и при этом они не только не вымирают, а наоборот, процветают. Сюда относятся ячмень, пшеница, горох, фасоль и др.

Применяя аутбридинг, всегда следует помнить, что за счет комбинативной изменчивости появляются гибриды как с лучшим, так и с худшим сочетанием признаков. Поэтому за скрещиванием всегда должен следовать отбор нужных форм.

Увлечение мощности, жизнеспособности и продуктивности гибридов первого поколения по сравнению с родительскими формами называется гетерозисом. Понятие о гетерозисе как проявлении «гибридной силы» было введено в науку американским генетиком Шеллом в 1914 г. Впервые это явление обнаружил в 1772 г. И. Кельрейтер при скрещивании двух видов табака. Полученные им гибриды обладали большой мощностью и раньше созревали.

Гетерозис в природе свойствен всем организмам: растениям, животным, микроорганизмам.

Он возник в месте с появлением диплоидности и полового процесса и непосредственно связан с возникновением и совершенствованием в процессе эволюции перекрестного оплодотворения.

Для гетерозисных гибридов характерна быстрый рост и развитие в первоначальные фазы, например всходы гибридов первого поколения сорго появляются раньше и дружнее. По темном развития первый период после всходов гибридные растения также сильно опережают родительские формы. Эти преимущества гибридов во многих случаях сохраняются и в последующем. Повышенная урожайность гетерозисных гибридов – самое главное их преимущество. Прибавка урожая у гетерозисных гибридов – самое главное их преимущество. Прибавка урожая у гетерозисных гибридов первого поколения в среднем по всем сельско-хозяйственным культурам составляет – 15-30 %. По отдельным культурам она измеряется примерно следующими величинами (в%): кукуруза -20-30 : подсолнечник (сбор масла) -25 : сорго (зелёная масса) – около

20,0 зерно 25-50 ; табак (урожая листьев ) -30-40; кормовая свекла – (выход сухого вещества) -25-30 ; хлопчатник (волокна) -30-35.

Гетерозисные гибриды у томата начинают плодоносить на 10-12 дней раньше и превышают по урожайности исходные родительские сорта на 45-50%. Шведский генетик Л.Густафссон предложил разделить гетерозис у растений на три основных чшм репродуктивный, соматический и приспособительный. Репродуктивный гетерозис выражается в лучшем развитии органов, размножения растений, повышенной фертильности, большем урожае плодов и семян. При соматическом гетерозисе у гибридных организмов наблюдается более мощное развитие вегетативных частей. Приспособительный, или адаптивный, гетерозис выражается в повышенной жизнеспособности гибридов.

Гетерозис в настоящее время наиболее широко используется у кукурузы. Обычные сорта этой культуры почти вытеснены гетерозисными гибридами первого поколения. В течение длительного времени у кукурузы для получения гетерозиса проводили скрещивания двух специально подобранных сортов, в результате чего получался межсортовой гибрид.

Основные посевные площади кукурузы на зерно в настоящее время засевают двойными межлинейными и сортолинейными гибридами. Двойные межлинейные гибриды получаются от скрещивания двух простых межлинейных гибридов (четырёх самоопыленных линий), а сортолинейные - от скрещивания сорта с самоопыленной линией или простого межлинейного гибрида с сортом.

Разработка приемов закрепления гетерозиса - важная задача генетики. Так как использование гетерозиса у проявляющих его гибридных генотипов возможно только в первом поколении, по многим культурам приходится вести очень сложное семеноводство.

Успешное решение проблем закрепления гетерозиса коренным образом изменило бы практическое его использование в растениеводстве. У вегетативно размноженных растений эта задача практически достигается путем размножения вегетативными органами черенками, клубнями, луковицами и т.д.). У растений, размножающихся семенами, самым эффективным способом закрепления гетерозиса может стать апомиксис. При апомиксисе семена получают без оплодотворения из материнских диплоидных клеток.

Первая попытка теоретического объяснения гетерозиса была сделана американскими генетиками Г.Шеллом и Э.Истом в 1908г. Они связывали проявление гетерозиса гетерозиготным состоянием генотипа по многим локусам. Эта теория, правильно констатируя факты более высокой мощности и жизнеспособности гетерозиготных организмов, ослабление их у гомозиготных, не объясняла причин гетерозиса по существу. Поэтому она вскоре была заменена другими теориями, в которых давалось более конкретное объяснение причин гетерозиса с учетом накопленных экспериментальных данных. Это были теория взаимодействия благоприятных доминантных генов, кратко называемая теорией доминирования и теория сверхдоминирования.

Теория доминирования в первоначальном варианте была выдвинута в 1908 г. Г. Давенортом, но наиболее полно и убедительно основные положения ее сформулировал американский генетик Д. Джонс в 1917 г. В основе теории доминирования лежат представления, по которым доминантность возникает в процессе эволюции: гены благоприятно действующие на рост и развитие организма становятся доминантными и полудоминантными, а гены действующие неблагоприятно - рецессивными.

Теория доминирования утверждает, что гетерозис связан с тремя эффектами действия доминантных генов: подавлением ими вредных рецессивных аллелей, аддитивным эффектом и неаллельным комплементарным взаимодействием.

Теория сверхдоминирования объясняет эффект гетерозиса аллельным взаимодействием генов в гетерозиготном состоянии. Основу этой теории составляет положение о том, что в результате взаимодействия пары аллелей в гетерозиготном состоянии гибрид должен иметь большую мощность по сравнению с гомозиготными формами как по доминантным, так и по рецессивным генам ( $AA < Aa > aa$ ). Предполагается, что доминантный и рецессивный гены в гетерозиготе выполняют несколько различающиеся функции и могут поэтому взаимно дополнять друг друга.

Однако гетерозис представляет собой настолько сложное биологическое явление, что трудно рассчитывать на возможность полного его объяснения теориями доминирования или сверхдоминирования.

Очевидно, более правильно рассматривать основные их положения как составные части единой генетической теории гетерозиса, учитывая, что гетерозис связан с различными видами аллельного и неаллельного взаимодействия генов.

Хромосомная теория наследственности установила ведущую роль ядра и находящихся в нем хромосом в явлениях наследственности. Но в то же время уже в первые годы формирования генетики как науки были известны факты, показывающие, что наследование некоторых признаков связано с не хромосомными компонентами клетки и не подчиняется мейделевским закономерностям, основанным на расщеплении хромосом во время мейоза.

В 1908-1909 гг. К. Корренс и одновременно независимо от него Э. Бодэр описали пестролистность у растений ночной красавицы львиного зева, которая наследуется через цитоплазму. В последующие годы подобные наблюдения были сделаны на других объектах. Все они правильно использовались как примеры цитоплазматической наследственности, но тем не менее их долгое время рассматривали просто как отдельные отклонения от законов Г. Менделя. Поэтому клетку стали рассматривать как единую целостную систему, определяющую передачу и воспроизведение признаков в потомстве в результате взаимодействия компонентов ядра (генов хромосом) и цитоплазмы, что можно показать на примере приобретения ею способности к фотосинтезу.

Хлорофильные мутации наследуются, строго подчиняясь закономерностям Г. Менделя. Но аномальные (белые) пластиды могут образовываться в клетках, имеющих нормальный набор генов и при хорошем

освещении. Этот признак не наследуется по правилам Г. Менделя. При делении клетки, содержащей указанные аномальные пластиды, образуются дочерние клетки с такими же пластидами, но при скрещивании этот признак передается только по материнской линии и следовательно, он связан не с хромосомами, а с цитоплазмой. Таким образом, важнейшее свойство клетки ее способность к фотосинтезу определяется взаимодействием генов хромосом, структурных элементов цитоплазмы и условий внешней среды.

Наиболее полно изучены две формы цитоплазматической наследственности: пластидная и цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС).

Пластидная наследственность. Среди органоидов цитоплазмы генетическая непрерывность впервые была установлена для пластид. Электронно - микроскопическими и авторадиграфическими методами доказано существование в пластидах ДНК - содержащих областей. В них находятся специфические рибосомы. Зеленые пластиды обладают способностью синтезировать ДНК, РНК, белок.

Цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС). У многих видов растений с обоеполюми цветками и однодомных изредка встречаются единичные особи со стерильными мужскими генеративными органами. Такие факты были известны ещё Ч. Дарвину. Он их рассматривал как склонность вида переходить от однодомности к двудомности, которую в эволюционном отношении считал более совершенной. Таким образом, формирование особей, имеющих мужскую стерильность, представляет собой естественное явление эволюционного процесса.

Мужскую стерильность впервые обнаружил К. Корренс в 1904 г. у огородного растения летний габер 1932 г. М. И. Хаджинов и одновременно независимо от него американский генетик М. Родс обнаружили мужские стерильные растения у кукурузы.

Мужская стерильность бывает при отсутствии пыльцы или неспособности ее к оплодотворению и проявляется в трех основных формах;

1) Мужские генеративные органы - тычинки - совершенно неразвиваются; подробное явление наблюдается у растений некоторых видов табака.

2) Пыльники в цветках образуются, но пыльца их нежизнеспособна: эта форма стерильности чаще всего встречается у кукурузы.

3) В пыльниках образуется нормальная пыльца, но они не растрескиваются и пыльца не попадает на рыльца: это очень редкое явление наблюдается иногда у некоторых сортов томата. Мужская стерильность генетически может обуславливаться генами стерильности ядра и взаимодействием ядерных генов и плазмогенов. В соответствии с этим различают два вида мужской стерильности: ядерную или генную (ГМС) и цитоплазматическую (ЦМС).

Под влиянием различных внешних условий в организме происходят специфические изменения компонентов цитоплазматической наследственности. Они могут существенно различаться между собой по устойчивости фенотипического проявления.

Измененные пластиды, так же как и другие компоненты цитоплазмы сохраняют свою генетическую непрерывность и несут измененную генетическую информацию.

### **Тестовые вопросы:**

#### **1. Что такое инбридинг?**

- А) родственное скрещивание Б) неродственное скрещивание  
В) внутрисортное скрещивание Д) межсортное скрещивание

#### **2. Что такое аутбридинг?**

- А) родственное скрещивание Б) неродственное скрещивание  
В) внутрисортное скрещивание Д) межсортное скрещивание

#### **3. Кем был введен в науки понятие о гетерозисе?**

- А) И. Кельрейтером Б) Густофесоном В) В. Шеллом Д) К. Корренсом

#### **4. Какие основные типы гетерозиса существует у растений?**

- А) вегетативный, репродуктивный, фертильный  
Б) репродуктивный, соматический и приспособительные  
В) приспособительные, генеративный, соматический  
Д) соматический, фертильный, приспособительные

#### **5. Сколько процент прибавка урожая у гетерозисных гибридов первого поколения в среднем по всем сельскохозяйственным культурам?**

- А) 20-30 Б) 25-50 В) 30-35 Д) 15-30

#### **6. Сколько форм наиболее полно изучены цитоплазматической наследственности?**

- А) 2 Б) 3 В) 4 Д) 5

## **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ**

### **План:**

1. Основные этапы онтогенеза
2. Генетическая программа индивидуального развития
3. Активность генов
4. Приобретаемых организмами признаков индивидуальном развитии

Индивидуальное развитие (онтогенез) является следствием длительного исторического процесса взаимосвязи организма с внешней средой. Этот процесс путем отбора закрепляется в генотипе организма. Таким образом, индивидуальное развитие осуществляется на основе генотипа в определенных условиях внешней среды.

В процессе онтогенеза происходит дифференциация клеток соматических тканей, при этом претерпевают изменения и теряют в большинстве случаев однородность их ядра и хромосомы.

В основе роста и индивидуального развития многоклеточного организма лежат митотические деления клеток. Митозделение равно наследственное, и в силу этого клетки различных специализированных тканей организма (мозга и

мышц, кожи, печени и др) должны обладать идентичными генотипами. Но в таком случае встает вопрос: каковы же могут быть генетические механизмы дифференцировки клеток и тканей в ходе онтогенеза? Ответить на этот сложный вопрос и должна онтогенетика. Генетика имеет свой подход к изучению наследственной детерминации онтогенеза.

Исходным моментом генетического исследования онтогенеза является анализ действия гена на формирование признака в соответствии с принципами: один ген-один признак. Главной проблемой в изучении наследственных основ индивидуального развития является установление промежуточных звеньев в цепи ген-признак.

Онтогенез, несмотря на его целостность, складывается из последовательно проходящих морфологических и физиологических процессов. Онтогенез (от лат *ontos*- существо, *genesis*- происхождение) яйцеклетки до его естественной смерти. Сигналом для начала деления воспроизводящей клетки и развития нового организма служит проникновение в яйцеклетку сперматозоида (спермия у растений) или действие какого-либо внешнего фактора.

Развитие любого организма можно разделить на четыре последовательно проходящих периода:

1. Эмбриональное развитие. Развитие нового организма начинается с момента оплодотворения. При этом ядро яйцеклетки сливается с ядром сперматозоида, материнские и отцовские хромосомы в одном общем ядре и создается новый генотип на основе реализации которого происходит все, дальнейшее развитие организма.

2. Постэмбриональный период продолжается от рождения организма до наступления у него половой зрелости?

3. Зрелость и размножение.

4. Последний период т.е. старость заканчивается смертью организма.

Жизненный цикл покрытосеменного растения осуществляется в процессе формирования и развития органов, т.е. органогенез когда последовательно реализуется наследственная информация, запрограммированная в генотипе растения. Основные этапы органогенеза следующие: зародыша, формирование семени, развитие почки, затем листа, корня, стебля и репродуктивных органов.

По современным представлениям, зигота содержит записанную в структуре молекул ДНК генетическую программу развития будущего организма. Генетическая программа- система дискретных наследственных единиц генов, определяющая целостность, специфику и закономерную смену этапов развития организма от оплодотворенной яйцеклетки до взрослой особи. На основе взаимодействия ядра и цитоплазмы действующая на принципе обратных связей кибернетическая система регуляции осуществляет в онтогенезе наследственную программу развития организма.

Все клетки организма, в каких бы тканях и органах они не находились, содержат полный набор генов, такой же какой имела зигота. Но в каждой клетке действует только часть генов связанная с дифференциацией и функциями данного типа клеток. Одни гены функционируют во всех клетках (например, контролирующие дыхание, проницаемость мембран, синтез АТФ и ряд других

общих свойств), другие только в некоторых из них. Каждая клетка характеризуется своим набором активных генов. Чем более специализированы клетки, тем меньше в них активных генов. В фенотипе проявляется только около 1% генетической информации. Остальные гены, происходящие от далеких предков прочно заблокированы.

Но разные гены работают не только в различных клетках, но и в разное время, в разные периоды развития особи.

Образование в процессе развития из однородных клеток разнообразных по морфологическим признакам и функциям типов клеток, тканей и органов называется дифференциацией.

Дифференцированная клетка проявляет только небольшую часть содержащейся в ней информации, большая же часть ее подавлена. Но так как ДНК и гены во всех клетках одинаковы, их дифференциальная активность должна определиться каким-то другими механизмами, включение которых прямо с действием генов не связано. Такими механизмами дифференциальной активности генов является: различия в структуре цитоплазмы, клеточная индукция и гормоны.

Генетическая информация в процессе развития организма реализуется в следующих последовательных и взаимосвязанных этапах:

- 1) Активация хромосом и генов под влиянием внутренних и внешних факторов дифференциации;
- 2) Образование хромосомных пуффав и синтез и-РНК на активированных генах;
- 3) Синтез специфических белков на Матрицах РНК в рибосомах цитоплазмы;
- 4) Развитие дифференцированных клеток, признаков и свойств организма на основе преобразования белковых молекул в цепи сложных, последовательно связанных биохимических и морфофизиологических превращений.

Система регуляции активности генов во времени была открыта и изучена Ф.Жакобом и Ж.Моно на молекулярном уровне у бактерий. Эта система состоит из генов трех типов: нескольких структурных генов, ответственных за синтез белков – ферментов, гена оператора и гена – регулятора. Ген – оператор и тесно сцепление с ним и друг с другом структурные гены образует единицу, названную опероном. В одних случаях (индукция) ген-регулятор вырабатывает белок- репрессор, который присоединяется к гену-оператору и «запирает» оперон. Определенный метаболит по мере накопления в клетке соединяется с белком – репрессором и заставляет его отъединиться от гена – оператора: оперон начинает работать. В другом случае (репрессия) белок – репрессор в свободном состоянии не способен действовать на ген-оператор (оперон работает, белок синтезируется). И только метаболит присоединяясь к белку-репрессору, заставляет его блокировать оперон (синтез белка прекращается).

Описанный пример позволяет сделать предположение, что объединение в

результате хромосомных перестроек оператора и структурных генов, принадлежащих к разным, может являться молекулярным механизмом эффекты положения гена.

Изменения в функционировании отдельных генов или их групп основаны на взаимоотношениях организма с внешней средой. Реакция организма со средой проявляется во включении в органах или тканях соответствующих биохимических процессов, основанных на деятельности генов.

Развитие признаков в каждом новом поколении организмов происходит заново на основе передачи наследственных молекулярных структур – генов. Но гены не представляют собой зачатков каких либо признаков. На их основе внутри клетки слагается особый молекулярный уровень биологической организации, отвечающий задачам функционирования и самовоспроизведения управляющих систем в виде генетического кода. Первичная структура ДНК, в которой записаны генетическая программа, генетический код, не испытывает изменений в процессе индивидуального развития и сохраняется на всех этапах онтогенеза. Ее в состоянии изменить только мутации структурных и регуляторных генов.

Генетическая информация, генотип реализуется в фенотипе. Хорошо известно, что передача наследственной информации от генотипа к фенотипу, от гена к признаку осуществляется путем деления клеток и в процессе биосинтеза белков – ферментов посредством переноса и РНК из ядра в цитоплазму. В то же время механизм передачи информации от фенотипа к генотипу, от признака к гену в онтогенеза не установлен.

Фенотипические изменения не могут соответственно изменить химию генов. Вот почему существующие среди некоторых ученых представление, что и изменение генотипа адекватно, соответственно воздействию условий внешней среды, неверно механизм обратной связи от фенотипа к генотипу, от признака к гену действует в филогенезе через отбор фенотипов, лучше приспособленных к данным внешним условиям.

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Аберрация** - нарушение структуры хромосомы в результате мутаций.  
**Адаптор** - транспорт молекулой тРНК аминокислоты к мРНК, во время транскрипции.

**Аддитивные гены** - полимерные гены, с однозначным действием.  
**Азотистые основания** - основания входящие в состав нуклеиновых кислот.  
**Аллели** - различные состояния гена появившиеся в результате мутации. Одна из двух (или нескольких) альтернативных форм.

**Аллеломорфные признаки** - признаки появившиеся в результате влияния различных аллелей одного гена.

**Аллогруппа** - совокупность аллотипов, наследуемых как одна группа.  
**Аллополиплоидия** - набор (двух или более) диплоидных хромосом разных видов в клетке одного организма.

**Аллотипы** - генетически детерминируемые антигенные варианты сывороточных белков, по которым различаются особи одного вида.  
**Аллотетраплоид** - особи имеющие диплоидный набор хромосом двух видов.  
**Амбер-кодон** - триплет УАГ в РНК, один из трех бессмысленных кодонов, обуславливающих терминацию белкового синтеза.

**Амбер-мутация** - любое изменение в ДНК, приводящее к появлению амбер-кодона.

**Амейоз** (нем. *Ameiose*; англ. *ameiosis*) - выпадение мейоза и его замена эквационным делением ядра.

**Амитоз** (нем. *Amitose*; англ. *amitosis*) (**Flemming, 1882 г**) - в отличие от непрямого (митоз), прямое деление ядра.

**Амплификация** - образование дополнительных копий хромосомных последовательностей, обнаруживаемых в хромосомной или внехромосомной ДНК.  
**Анализирующее скрещивание** - скрещивание с рецессивной родительской формой (аа)

**Андрогенез** - мужской партеногенез. После оплодотворения яйцеклетки материнское ядро элиминируется, и возникающий гаплоидный организм, который называется андрогенетическим, содержит только хромосомный набор отца.  
**Антигены** - инородные вещества проникшие в организм, которые вызывают иммунный ответ (реакцию) синтез антитела.

**Антикодон** - триплет, занимающий определенное и постоянное положение в структуре молекулы тРНК; комплементарно взаимодействует с кодоном (или кодонами) мРНК.

**Антитело** - белок выделяемый иммунной системой организмом высших животных. Антитела в организмах появляются в ответ на антигены.  
**Антимутагены** - агенты, обладающие способностью понижать частоту спонтанных или индуцированных мутаций.

**Апомиксис** - замена полового размножения другим, неполовым процессом, не связанным со слиянием ядер или клеток (у зоологических объектов партеногенез).

**Аутосомы** - все хромосомы, кроме половых; в диплоидной клетке имеется по две копии каждой аутосомы.

**Базиген** - нормальный аллель серии множественных аллелей.

**Бактериофаги (фаги)** - вирусы, инфицирующие бактерии. Белок-репрессор - способен связываться с оператором на ДНК или с РНК, предотвращая соответственно транскрипцию или трансляцию. **Бессмысленный кодон** - один из трех триплетов, УАГ, УАА, УГА, вызывающих терминацию синтеза белка (УАГ известен как amber-кодон, УАА - как ochre-кодон, УГА - как opal-кодон).

**Библиотека генома** - набор клонированных фрагментов ДНК, содержащий весь геном. **Биометрия** - наука о применении математических методов для изучения живых организмов.

**Биотехнология** - комплексная многопрофильная область научно-технического прогресса, включающая разнообразный микробиологический синтез, генетическую и клеточную инженерию, инженерную энзимологию, - использование знаний условий и последовательности действия белковых ферментов в организме растений, животных и в промышленных реакторах. **Ведущая цепь** - цепь ДНК, синтезирующаяся непрерывно в 5'→3\* направлении.

**Вектор для клонирования** - любая плазида или фаг, в которые может быть встроена чужеродная ДНК с целью клонирования. **Веретено** - структура, образующаяся в процессе деления эукариотической клетки; после растворения ядерной оболочки к веретену с помощью микротрубочек прикрепляются хромосомы.

**Ветеринарная генетика** - наука, изучающая наследственные аномалии и болезни с наследственной предрасположенностью, разрабатывающая методы диагностики, генетической профилактики и селекции животных на устойчивость к болезням.

**Вирулентность** - степень патогенности в отношении животных определенного вида.

**Восприимчивость** - предрасположенность организма к действию физических, химических и биологических факторов, приводящих к патологическому состоянию.

**Вставки (инсерции)** - обнаруживаются благодаря присутствию в ДНК дополнительных пар оснований.

**Вырожденность генетического кода** - соответствие нескольких кодонов одной аминокислоте. Замена в третьем основании кодона не всегда приводит к замене аминокислоты.

**Гамета** - половая клетка, содержащая гаплоидный набор хромосом.

**Гаметогенез** - процесс развития половых клеток.

**Гаплоидный набор хромосом** - содержит по одной копии каждой аутосомы и одну половую хромосому; гаплоидное число хромосом ( $n$ ) является характеристикой гамет.

**Гаплотип** - совокупность сцепленных генов одной хромосомы, контролирующей аллогруппу.

**Гемизиготность** - наличие в хромосомном наборе особи только одной аутосомы из пары гомологичных аутосом, одной половой хромосомы (ХО) или пары разных половых хромосом (ХУ).

**Ген** - участок молекулы ДНК (реже РНК), кодирующий синтез одной макромолекулы (полипептидов, тРНК, рРНК) или выполняющий какую-либо другую элементарную функцию

**Генетическая аномалия** - морфофункциональное нарушение в организме животного, возникающее в результате генных или хромосомных мутаций.  
**Генетический груз** - совокупность вредных генных и хромосомных мутаций.  
**Генетический код** - совокупность кодонов (триплетов), кодирующих аминокислоты.

**Генетический полиморфизм** - долговременное существование в популяциях двух и более генотипов с частотой (1% и более), превышающих вероятность возникновения повторяющихся мутаций.

**Генная инженерия** - раздел биотехнологии, связанный с целенаправленным конструированием invitroновых комбинаций генетического материала, способного размножаться в клетке и синтезировать определенный продукт. **Генные (точковые) мутации** - изменения в структуре ДНК. **Генный баланс** - соотношение и взаимодействие всех генов, влияющих в той или иной степени на признак.

**Геном** - 1. Полный гаплоидный набор генов или хромосом клетки или организма. 2. Весь генетический материал клетки, организма. **Геномика** - раздел молекулярной генетики, изучающий геном, индивидуальные гены на молекулярном уровне, структуру (сиквенс) гена, его экспрессию и механизм редукции активности, клонирование генов и использование их в генно-инженерных целях **Генотип** - совокупность генов организма.

**Генотипическая среда** - комплекс генов организма, в котором происходит действие изучаемого гена.

**Генофонд** - совокупность аллелей (генов) одной популяции (породы и т.д.), характеризующихся определенной частотой.

**Гены-модификаторы** - гены, не проявляющие собственного действия, но усиливающие или ослабляющие эффект действия других генов. **Гермафродит** - особь, имеющая гонады и (или) половые органы противоположного пола.

**Гетерогаметный пол** - характеризуется хромосомным набором 2А+ХУ. **Гетерозигота** - диплоидный организм, в гомологичных хромосомах которого находятся две разные аллели данного гена (Аа).

**Гетерозис** - гибридная мощьность, превосходство гибридов по ряду признаков над обеими родительскими формами.

**Гетерохроматин** - генетически неактивные участки хромосом постоянно находятся в конденсированном состоянии.

**Гибридизация** - процесс взаимодействия комплементарных цепей РНК и ДНК, образующих гибриды РНК - ДНК.

**Гибридома** - клеточный гибрид, получаемый слиянием нормального лимфоцита, продуцирующего антитела, и опухолевой клетки; обладает способностью синтезировать моноклональные антитела.

**Гистоны** - белки, образующие в комплексе с ДНК нуклеосомы - структурные единицы хроматина в ядрах эукариот.

**Гликопротеиды** - сложные белки, содержащие углеводные компоненты.

**Гомеостаз** - внутреннее постоянство организма.

**Гомогаметный пол** - характеризуется хромосомным набором 2А + XX.

**Гомозигота** - особь с одинаковыми аллелями в соответствующем локусе гомологичных хромосом. (АА, аа).

**Гомологи** - хромосомы, имеющие одинаковые генетические локусы; диплоидная клетка обладает двумя копиями каждого гомолога, по одной от каждого родителя.

**Двунаправленная репликация** - репликация, при которой две репликационные вилки движутся в противоположных направлениях от общего старта. **Делеция** - мутация, в результате которой определенная последовательность нуклеотидов утрачивается.

**Денатурация ДНК или РНК** - переход этих молекул из двухцепочной формы в одноцепочную; разделение цепей наиболее часто достигается нагреванием.

**Дигибридное скрещивание** - скрещивание, при котором у родителей учитывается два признака, контролируемых двумя локусами. **Дискордантность** - проявление признака только у одного из близнецов. **Домен в молекуле белка** - участок аминокислотной последовательности, связанной с определенной функцией.

**Доминирование** - проявление действия лишь одного из аллелей у гетерозиготного организма.

**Дрейф генов (генетико-автоматические процессы)** - изменение генетической структуры численно ограниченной популяции в результате действия случайных причин.

**Заболеваемость** - частота заболеваний в популяции или болезненность, болезненное состояние.

**Зигота** - оплодотворенная яйцеклетка; образуется в результате слияния двух гамет.

**Идиотипы** - антигенные различия между антителами, принадлежащими к одному классу, субклассу и аллотипу у отдельных особей.

**Изотип** - группа близкородственных иммуноглобулиновых цепей.

**Иммунитет** - невосприимчивость организма к инфекционным агентам и генетически чужеродным веществам антигенной природы. **Иммунная реакция** - адаптивный ответ организма, вызывающий разрушение, нейтрализацию, отторжение или уничтожение генетически чужеродных веществ (бактерии, вирусы, простейшие и т.д.).

**Иммунная система организма** - совокупность всех лимфоидных клеток, обеспечивающих реализацию реакции иммунитета.

**Иммунный ответ (иммунологическая реактивность)** - высокоспецифическая форма реакции организма на чужеродные вещества (антигены).

**Иммуногенетика** - наука, изучающая генетический контроль иммунного ответа, генетику несовместимости тканей при их пересадках, закономерности

наследования антигенной специфичности, проблему поддержания генетического гомеостаза соматических клеток организма. **Иммуноглобулины (Ig)** - сложные белки, специфически связывающиеся с чужеродными веществами-антигенами.

**Иммунологическая память** - способность при повторном контакте с антигеном узнавать и отвечать на него иммунологической реакцией. **Инбредная депрессия** - явление снижения жизнеспособности и продуктивности, ухудшение воспроизводительной функции в результате инбридинга. **Инбридинг** - спаривание (подбор) близкородственных особей. **Индуктор** - небольшая молекула, включающая транскрипцию гена за счет связывания с регуляторным белком.

**Индукцированные мутации** - возникают под действием мутагенного фактора. **Интерфаза** - фаза клеточного цикла между митотическими делениями клетки; подразделяется на G1, и S, G2.

**Интерференция** - торможение кроссинговера на одном участке кроссинговером на другом.

**Интерфероны** - группа белков, образующихся в клетках при вирусных инфекциях и обеспечивающих неспецифический противовирусный иммунитет. **Интроны** - последовательности внутри структурного гена, которые не участвуют в кодировании белкового продукта гена. После транскрипции гена последовательности, соответствующие интронам, удаляются из мРНК в процессе сплайсинга. **Капсид** - белковая оболочка вируса.

**Карิโอтип** - набор хромосом соматической клетки организма, характерный для вида по числу, форме и величине. **Карта хромосом** - план расположения генов в хромосоме. **Клеточная инженерия** - метод конструирования клеток нового типа на основе их культивирования, гибридизации и реконструкции. **кДНК** - одноцепочная ДНК, синтезированная обратной транскриптазой на матрице РНК.

**Клон** - совокупность клеток или особей, произошедших от общего предка путем бесполого размножения.

**Кодирующая цепь** - та цепь ДНК, последовательность которой идентична мРНК.

**Кодоминантные аллели** - аллели, совместно проявляющиеся в гетерозиготе. Ни один не доминирует над другим.

**Кодон** - триплет нуклеотидов, соответствующий определенной аминокислоте или терминирующему сигналу.

**Кольцо Бальбиани** - гигантский пуф на меченой хромосоме. **Комплементарная цепь** - одна из цепей ДНК, используемая в качестве матрицы для синтеза РНК и комплементарная ей. **Конкордантность** - присутствие болезни у обоих близнецов. **Конъюгация** - один из способов обмена генетическим материалом у бактерий. **Кроссинговер** - обмен материалом между гомологичными хромосомами, происходящий в процессе мейоза и лежащий в основе генетической рекомбинации.

**Летальные гены** - гены, вызывающие гибель организма в 100% случаев. **Лигаза** - фермент, способный устранять разрывы в молекуле ДНК, восстанавливая ковалентные связи между 5<sup>1</sup> - и 3<sup>1</sup> - концами молекул. **Лизогения** - способность фага существовать в бактерии в виде профага, являющегося компонентом бактериального генома.

**Лимфоциты-В** - вид лейкоцитов, которые синтезируют и секретируют иммуноглобулины.

**Лимфоциты -Т** - вид лейкоцитов, которые выполняют различные функции в ходе иммунного ответа.

**Локус** - место в хромосоме, в котором картируется ген, отвечающий за определенный признак; локус может быть представлен любым аллелем данного гена. **Маркер (генетический)** - любой аллель, используемый в эксперименте. **Медицинская генетика** - наука, изучающая роль наследственности в патологии человека, закономерности передачи от поколения к поколению наследственных болезней, разрабатывающая методы диагностики и профилактики наследственной патологии, включая болезни с наследственной предрасположенностью

**Мейоз** - два последовательных деления клетки (I и II мейотические деления), в результате которых образуется исходное гаплоидное число хромосом в каждой из четырех образовавшихся клеток. Эти клетки созревают и превращаются в гаметы (сперматозоиды и яйцеклетки). **Миелома** - линия опухолевых клеток, происшедшая из лимфоцита, обычно продуцирует один тип иммуноглобулинов.

**Микросателлиты** - присутствующие в эухроматине короткие tandemно повторяющиеся последовательности ДНК. **Митоз** - деление эукариотической соматической клетки. **Митохондриальные ДНК** - небольшие кольцевые молекулы ДНК, присутствующие в митохондриях; кодируют некоторые компоненты митохондрий. **Модификационная изменчивость** - ненаследственная фенотипическая изменчивость, возникающая под влиянием условий среды и не изменяющая генотип.

**Мозаицизм** - присутствие в организме клеток (точнее клонов) разного генотипа. **Молчащие мутации** - не изменяют продукта, кодируемого геном. **Моногибридное скрещивание** - скрещивание, при котором у родителей учитывается один признак, контролируемый одним локусом. **Моноцистронный оперон** - кодирует один белок. **Мультимерные белки** - состоят более чем из одной субъединицы. **Мутагены** - факторы, увеличивающие частоту возникновения мутаций, вызывая изменения в ДНК.

**Наследование** - процесс передачи наследственной информации от одного поколения другому.

**Наследственность** - свойство организмов обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями, а также обеспечивать специфический характер онтогенеза в определенных условиях среды. **Наследственные болезни** - болезни, вызываемые мутацией генов одного или нескольких локусов и сопровождающиеся появлением аномалий, уродств и т.д.

**Наследуемость** - относительная доля наследственной изменчивости в общей фенотипической изменчивости признака в популяции. **Нерасхождение** - неспособность хроматид (дублированных хромосом) расходиться к противоположным полюсам во время митоза или мейоза. **Нехватка** - утрата концевых участков хромосом.

**Новообразование** - тип взаимодействия неаллельных генов, когда при их сочетании в одном организме развивается новая форма признака. **Норма реакции** - генотипически определяемая способность организма изменять степень

выраженности признаков в определенных пределах в зависимости от условий среды.

**Нуклеоид** - ядерная зона в прокариотической клетке; она содержит хромосому, но не окружена мембраной. Компактное образование у бактерии, содержащее ДН1С

**Нуклеосома** - основная структурная единица хроматина, состоящая из ~ 200 нуклеотидных пар ДНК и октомера гистоновых белков. **Обратная транскриптаза** - РНК-зависимая ДНК-полимераза - фермент, осуществляющий синтез ДНК на матрице РНК.

**Однонаправленная репликация** - единственная репликационная вилка движется от определенной точки, называемой местом начала репликации. **Онтогенез** - индивидуальное развитие организма от оплодотворения яйцеклетки до естественной смерти. **Ооцит** - женская половая клетка до оплодотворения.

**Оперон** - единица транскрипции и регуляции у бактерий, состоящая из структурных генов, регуляторного гена (генов) и контролирующих элементов, узнаваемых продуктами регуляторного гена.

**Палиндром** - последовательность ДНК, которая остается неизменной, если на одной из цепей ДНК ее читать справа налево; состоит из прилежащих друг к другу инвертированных поворотов. **Панмиксия** - свободное скрещивание, **Партеногенез** - развитие организма без оплодотворения. **Патогенность** - способность паразитировать в организме животного. **Пенетрантность** - частота, с которой доминантный или рецессивный ген в гомозиготном состоянии проявляется фенотипически.

**Плазида** - кольцевая внехромосомная ДНК, способная к автономной репликации.

**Плейотропия** - влияние одного гена на развитие двух или более признаков. **Полигенный признак** - признак, обусловленный многими генами. **Полимерия** - такой тип взаимодействия, при котором на один признак влияет несколько разных, но сходно действующих неаллельных генов. **Полиморфизм** - одновременное присутствие в популяции двух или более аллелей с частотой больше 0,01.

**Полиплоидия** - увеличение числа хромосом, кратное гаплоидному набору. **Полифакторный признак** - признак, обусловленный многими локусами. **Популяционная генетика** - раздел генетики, изучающий генетическую структуру и генетические процессы, происходящие в популяциях. **Популяция** - совокупность особей одного вида, обитающих на определенной территории и свободно скрещивающихся между собой. **Пороговый признак** - признак, распределение которого при расщеплении происходит прерывисто, но наследуется он полифакторно. **Прыгающие гены** - последовательность ДНК, способная переносить себя в различные новые сайты локализации в пределах генома, например, транспозоны, инсерционные последовательности.

**Провирус** - двухцепочная последовательность ДНК, встроенная в хромосому эукариот и соответствующая геномной РНК ретровирусов. **Промотор** - участок ДНК, ответственный за связывание РНК-полимеразы, инициирующей транскрипцию.

**Процессинг** - совокупность реакций, ведущих к превращению первичных продуктов транскрипции и трансляции в функционирующие молекулы. **Расщепление** - образование в потомстве гибридов особей с различными признаками.

**Регрессия** - частичный возврат потомства к среднему для популяции при отборе лучших и худших по количественным признакам родителей.

**Резистентность** - устойчивость организма к действию физических, химических и биологических агентов, вызывающих патологическое состояние.

**Рекомбинантная ДНК** - искусственно полученная молекула ДНК. **Рекон** - минимальная часть гена, которая может быть обменена путем крос-синговера с другим гомологичным участком аллельного ему гена, находя-

щегося в другой хромосоме.

**Репрессор** - ген, подавляющий действие другого гена. **Репликация** - процесс самовоспроизведения нуклеиновых кислот, обеспечивающий точное воспроизведение генетической информации. **Репликационная вилка** - точка, в которой цепи родительской двухцепочечной ДНК расходятся для того, чтобы могла произойти репликация. **Репликационный глазок** - область реплицирующейся ДНК внутри протяженного нереплицирующегося района.

**Рестрикция** - процесс разрезания молекулы ДНК ферментами - рестриктирующими эндонуклеазами.

**Рецепторы** - макромолекулярные структуры клеточной поверхности, с помощью которых клетки узнают антигены.

**Рецессивность** - отсутствие проявления одного из аллелей в гетерозиготе.

**Рецессивный ген** - ген, влияющий на развитие признака только в гомозиготном состоянии.

**Рибосома** - органоид цитоплазмы, с участием которого происходит синтез белка в клетке.

**мРНК** - матричная, информационная РНК (иРНК), кодирующая белки.

**Сайт** - место, занятое точковой мутацией внутри цистрона, т.е. любая пара нуклеотидов в двухцепочечной молекуле ДНК

**Сексдукция** - перенос у бактерий фактором F генетического материала из одной клетки в другую

**Синапсис** - конъюгация двух пар сестринских хроматид гомологичных хромосом, происходящая во время мейоза; образующаяся структура называется бивалентом.

**Системы групп крови** - совокупность антигенов, контролируемых одним локусом.

**Сплайсинг** - процесс удаления интронов и объединения экзонов в мРНК.

**Стабилизирующее скрещивание** - скрещивание, восстанавливающее соотношение генотипов в популяции в соответствии с формулой Харди-Вайнберга.

**Стресс** - состояние организма, возникающее в ответ на воздействие сильных раздражителей или различных повреждающих факторов внешней среды.

**Структурный ген** - кодирует РНК или белок. **Субвитаальные гены** - гены, вызывающие гибель менее 50% особей. **Сублетальные гены (полуметальные)** - гены, обуславливающие гибель 50-99% особей.

**Сцепленность** - свойство генов одной хромосомы наследоваться совместно; измеряется в процентах рекомбинации между локусами. **Сцепление с полом** - способ наследования, характерный для генов, находящихся в половых хромосомах (обычно в X-хромосоме). **Талассемия** - заболевание человека, вызванное отсутствием  $\alpha$ - или  $\beta$ -глобина в его эритроцитах. **Теломера** - естественный конец хромосомы. **Тератология** - наука, изучающая уродства.

**Терминатор** - последовательность ДНК, находящаяся на конце транскрипта и ответственная за прекращение транскрипции.

**Терминирующий кодон** - один из трех триплетов УАГ, УАА или УГА, вызывающих терминацию синтеза белка; их также называют бессмысленными кодонами.

**Тотипотентность** - способность любой соматической клетки дать начало новому организму.

**Точка начала репликации (ori)** - последовательность ДНК, в которой происходит инициация репликации.

**Точковые мутации** - изменение одной пары оснований. **Трансгенез** - экспериментальный перенос генов, выделенных из определенного генома или искусственно синтезированных, в другой геном.

**Трансдукция** - перенос генов из одной бактериальной клетки в другую при помощи бактериофага.

**Транскрипция** - процесс синтеза РНК на ДНК-матрице. **Транслокация** - перемещение гена или участка хромосомы из одного локуса в другой.

**Трансляция** - процесс синтеза белка на матричной мРНК. **Трансплантация эмбрионов** - метод ускоренного воспроизводства высокопродуктивных животных (доноров) путем получения и пересадки эмбрионов менее ценным животным (реципиентам).

**Транспозон** - последовательность ДНК, способная реплицироваться и внедрять одну из копий в новое место генома.

**Трансформация бактериальных клеток** - приобретение нового генетического маркера в результате включения экзогенной ДНК. **Трансформация эукариотических клеток** - переход в состояние неконтролируемого роста; имеет много общего или совпадает с опухолевым перерождением клеток.

**Триплет** - набор трех нуклеотидов (синоним кодона). **Упаковочный коэффициент** - отношение длины ДНК к длине структуры, которая ее содержит.

**Усилители транскрипции (enhancer)** - участки ДНК (50-100 п.о.), усиливающие транскрипцию с ряда эукариотических промоторов, находящихся по отношению к ним в цис-положении, эти элементы оказывают свое действие независимо от того, с какой стороны промотора они располагаются. **Условно летальные мутации** - вызывают гибель клетки или вируса только в определенных (непермиссивных) условиях, но не проявляют своего летального действия в других условиях.

**Участки сплайсинга** - последовательности, непосредственно окружающие границы между экзонами и интронами. **Фаг (бактериофаг)** - бактериальный вирус.

**Факторы инициации (IF)** - белки, которые специфически связываются с малой субчастицей рибосомы на стадии инициации белкового синтеза. **Факторы элонгации** - белки, циклично ассоциирующие с рибосомой в соответствии с включением каждой новой аминокислоты в полипептидную цепь. **Фактор-F** - фактор фертильности - эписома, контролирующая способность бактерий к конъюгации.

**Факторы-R** - эписомы, обеспечивающие устойчивость бактерий к лекарственным препаратам.

**Фармакогенетика** - раздел медицинской или ветеринарной генетики, изучающий наследственно обусловленные реакции человека и животных на лекарственные препараты.

**Феногруппа** - совокупность антигенов, которые наследуются как единое целое. **Фенокопия** - изменение признака под влиянием внешних факторов, ведущее к копированию признаков, обусловленного генотипом. **Фенотип** - совокупность признаков организма; формируется в результате взаимодействия генотипа и среды.

**Ферменты рестрикции** - узнают определенные короткие последовательности в ДНК и расщепляют ее иногда в месте связывания, а иногда в каком-либо другом месте (это зависит от типа фермента). **Филогенез** - история развития вида.

**Фрагменты Оказаки** - короткие фрагменты ДНК длиной несколько тысяч (бактерии) или несколько сотен (эукариоты) нуклеотидов образуется в результате прерывистой репликации; впоследствии ковалентно соединяются в непрерывную цепь.

**Хиазма** - петля, образуемая хромосомами при конъюгации хромосом в период редукционного деления.

**Химеры** - растения или животные со смешанными тканями двух организмов. Хроматиды - хромосомные копии, образующиеся при репликации.

**Хромомера** - интенсивно окрашиваемая гранула; ее можно различить как составную часть хромосомы при определенных условиях (особенно на ранних стадиях мейоза).

**Хромосомы** - нитевидные или палочковидные тельца, которые находятся в клеточном ядре и содержат факторы наследственности, или гены. **Хромосомная нехватка** - потеря в результате мутации конца хромосомы. **Центровая теория гена** - теория о том, что ген состоит из отдельных функциональных участков - центров, которые могут независимо изменяться при мутациях.

**Центромера** - область хромосомы, в которую входит участок прикрепления к митотическому или мейотическому веретену.

**Цианобактерии** - группа фототрофных прокариотических организмов (традиционное название - синезеленые водоросли).

**Цитогенетика** - раздел генетики, изучающий строение клетки и ее органоидов и изменение их при возникновении мутаций.

**Цистрон** - генетическая единица, выявляемая путем комплементационного теста; эквивалентна гену и означает единицу ДНК, кодирующую белок. **Цитоплазматическое наследование** - характерно для признаков, определяемых митохондриальными генами, и генами, локализованными в хлоропластах. **Числовые**

**мутации** - изменение числа хромосом в кариотипе. **Чистые линии** - организмы, гомозиготные по изучаемым признакам. **Эволюция** - процесс исторического развития живой природы на основе изменчивости, наследственности и отбора.

**Экзон** - любой отдельный фрагмент прерывистого гена, который сохраняется в зрелой РНК.

**Экзонуклеазы** - ферменты, последовательно отщепляющие нуклеотиды с концов полинуклеотидной цепи; могут быть специфичными в отношении 5<sup>1</sup> - или 3<sup>1</sup> - концов ДНК или РНК.

**Экспрессивность** - влияние данного аллеля на степень выраженности признака. **Эмбриогенетическая инженерия** - активная перестройка генома животных путем вмешательства в их развитие на самых ранних стадиях онтогенеза. **Эндонуклеазы** - ферменты, расщепляющие связи полинуклеотидной цепи нуклеиновых кислот; могут быть специфичны в отношении РНК одноцепочечных или двухцепочечных ДНК.

**Эпигенез** - сумма всех взаимодействий между генами и средой, их функционирования, проявляющихся в процессе онтогенеза и в ряду дифференцированных клеток

**Эпигенетическая изменчивость** - наследуемое, но обратимое функциональное состояние гена не сопровождающееся изменением его нуклеотидной последовательности

**Эпигенотип** - генотип, развившийся в процессе контакта с внешней средой, т.е. фенотип как продукт взаимодействия конкретного генотипа с внешней средой при формировании каждого признака в рамках его нормы реакции **Эписома** - плаزمиды, способная интегрироваться в бактериальную ДНК. **Эпистаз** - тип взаимодействия, при котором один ген подавляется другим, неаллельным геном.

**Эухроматин** - представляет собой весь генетический материал интерфазного ядра, за исключением гетерохроматина.

**Эффект положения** - влияние положения гена в хромосоме на его действие.

**Ядерный матрикс** - сплетение фибрилл, окружающих и пронизывающих ядро.

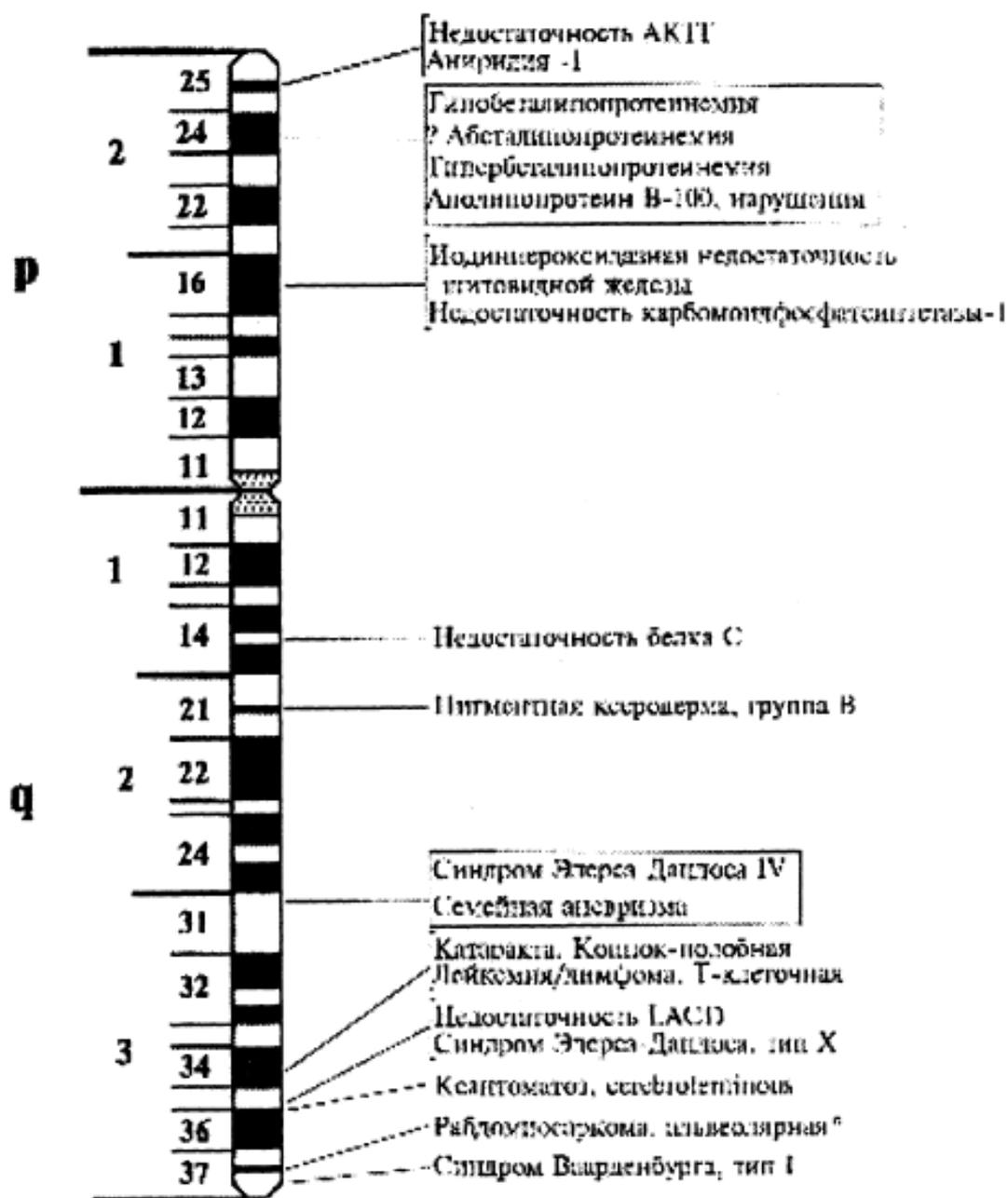
**Ядрышко** - обособленная область ядра, образуемая при транскрипции генов рРНК.

**Яйцевой фолликул** - небольшой мешочек из клеток в яичнике млекопитающих, внутри которого находится созревающее яйцо. **Яйцеклетка** - женская репродуктивная клетка, из которой после оплодотворения ее сперматозоидом развивается новая особь того же вида.

## Хромосома 1



## Хромосома 2



## Хромосома 3



Тромбофилия в результате избытка HRG  
 Недостаточность тиротропин-релизинг  
 гормона

## Хромосома 4



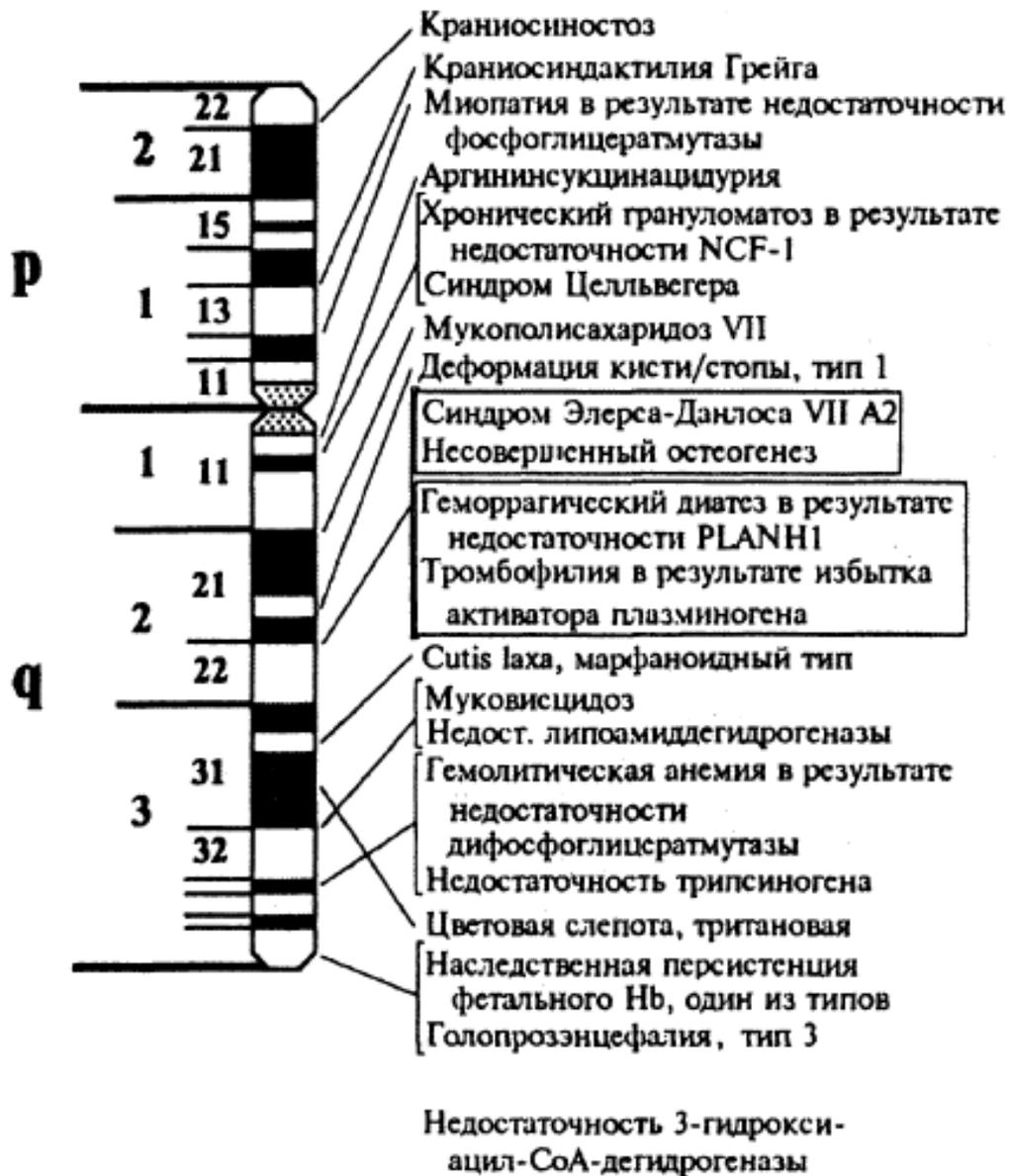
## Хромосома 5



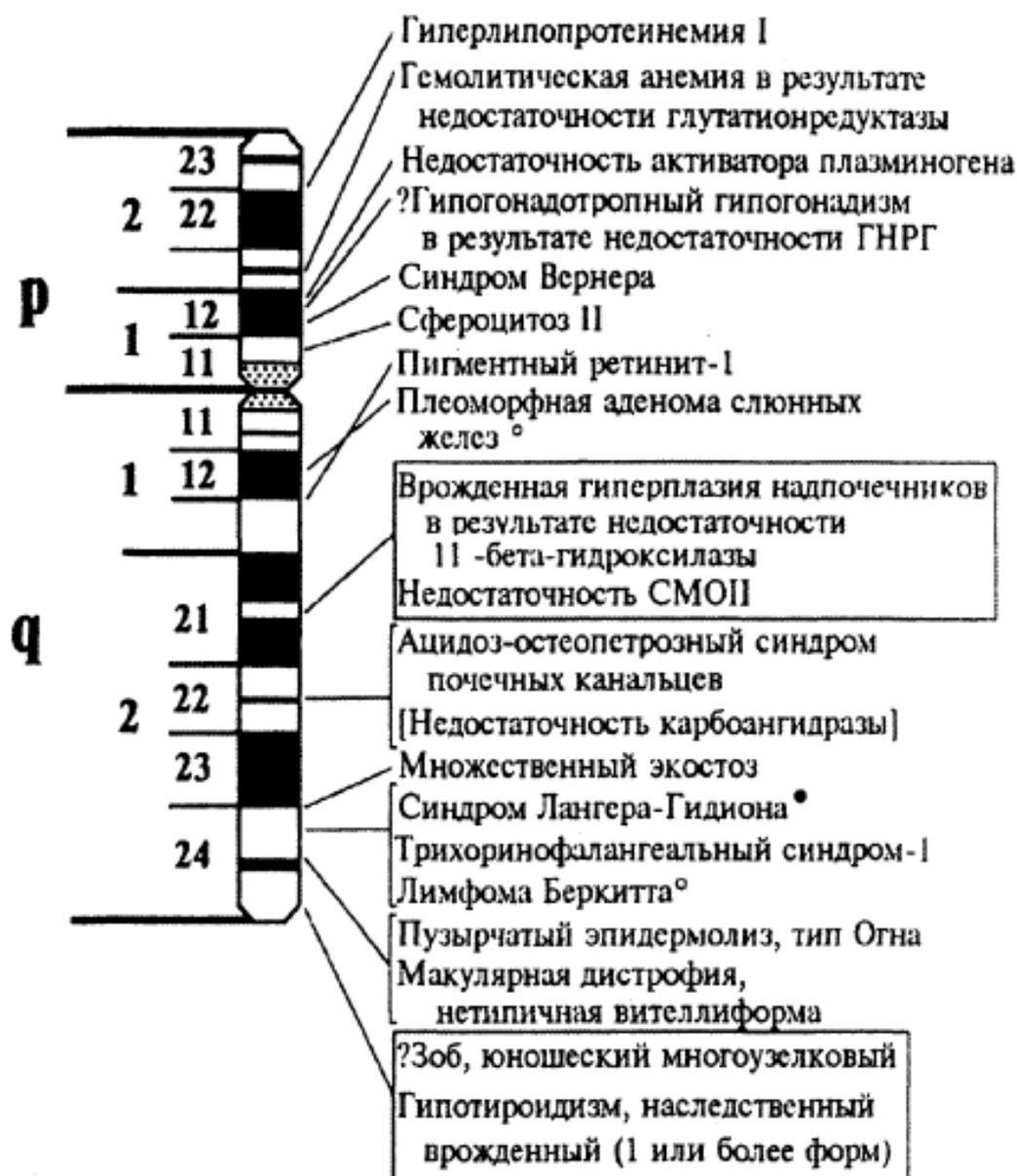
## Хромосома 6



# Хромосома 7



## Хромосома 8



## Хромосома 9



# Хромосома 10



# Хромосома 11



## Хромосома 12



## Хромосома 13



?Пигментная ксеродерма (I тип)  
Рак груди (протоков)

## Хромосома 14



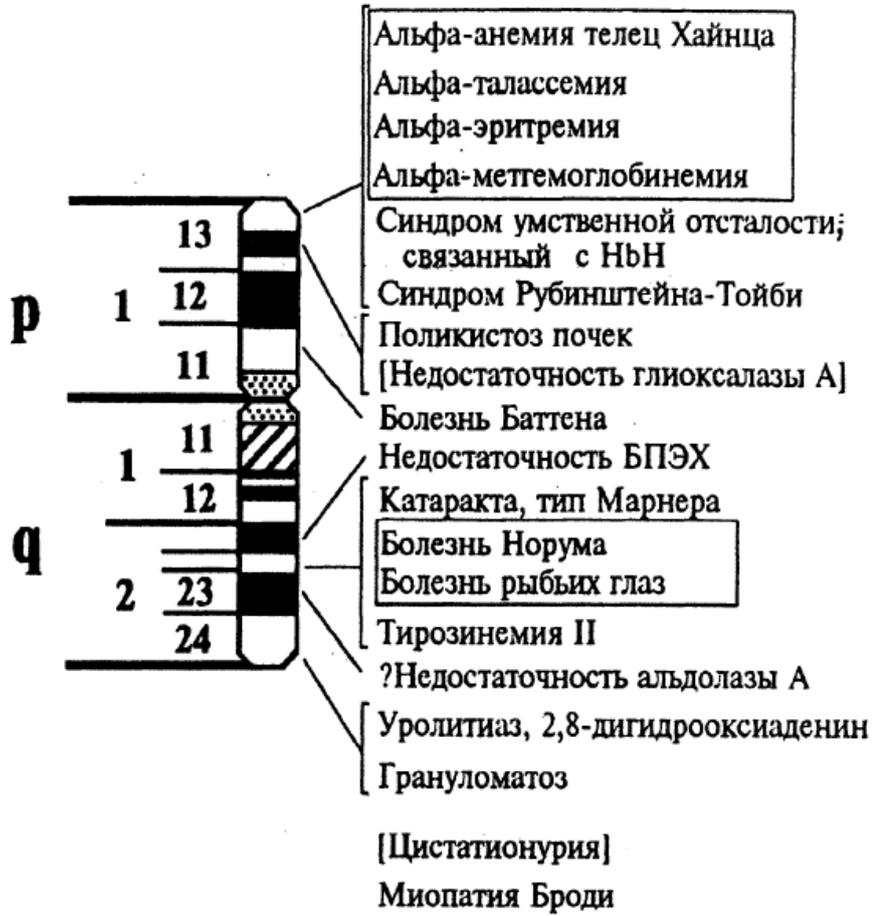
Болезнь накопления гликогена, тип VI

## Хромосома 15

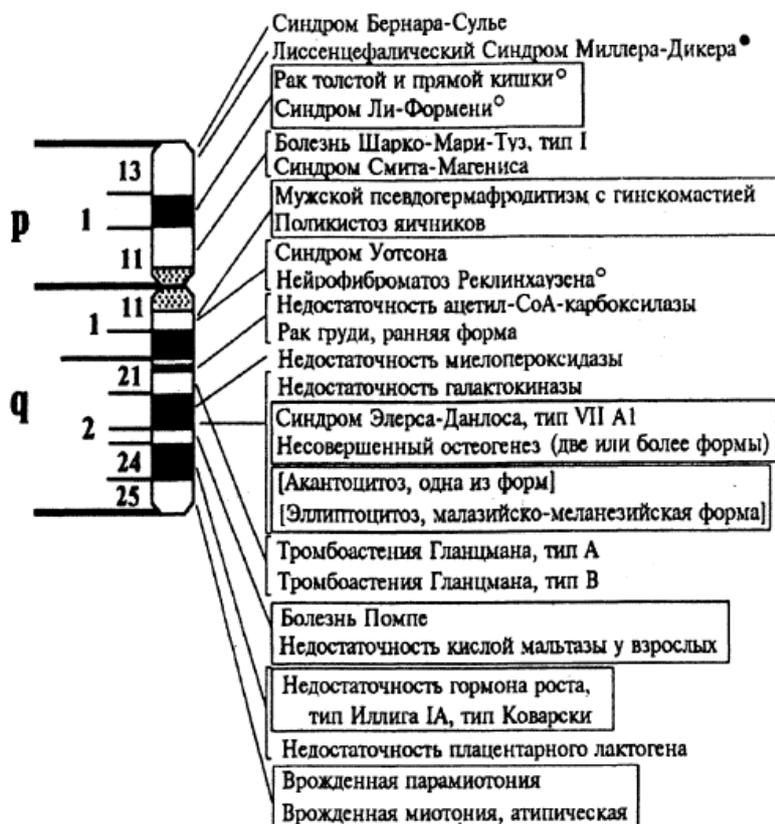


Пигментная ксеродерма, гр. F

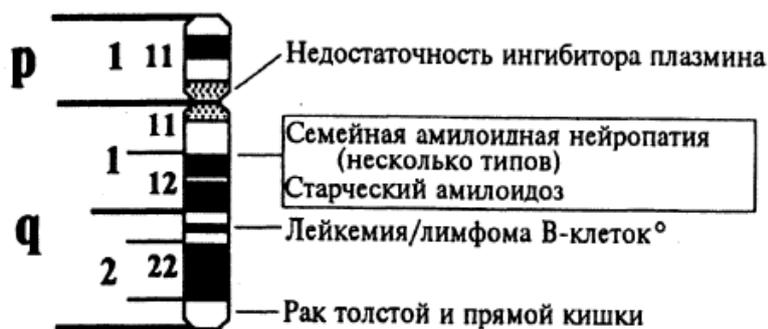
# Хромосома 16



## Хромосома 17

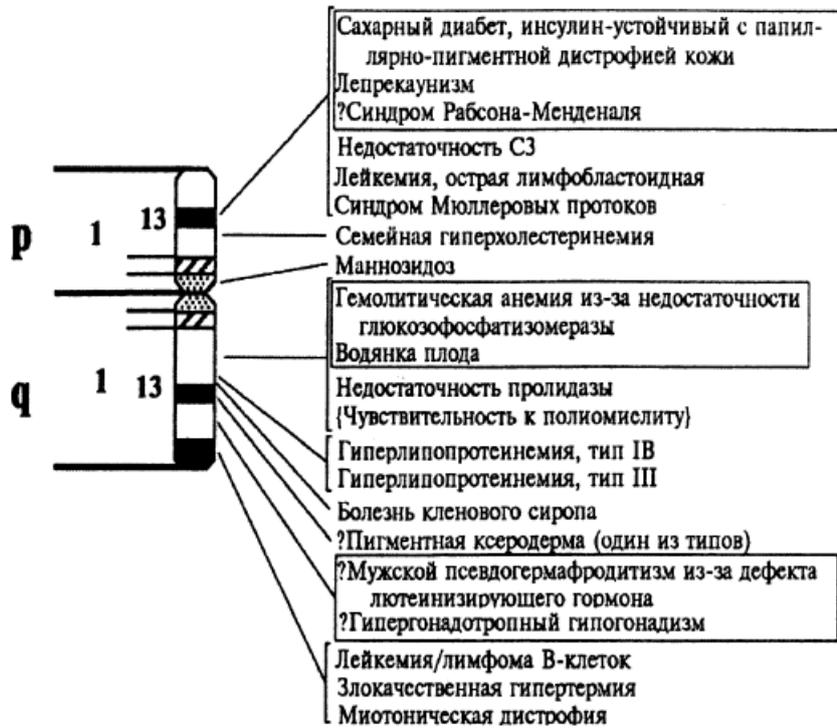


## Хромосома 18

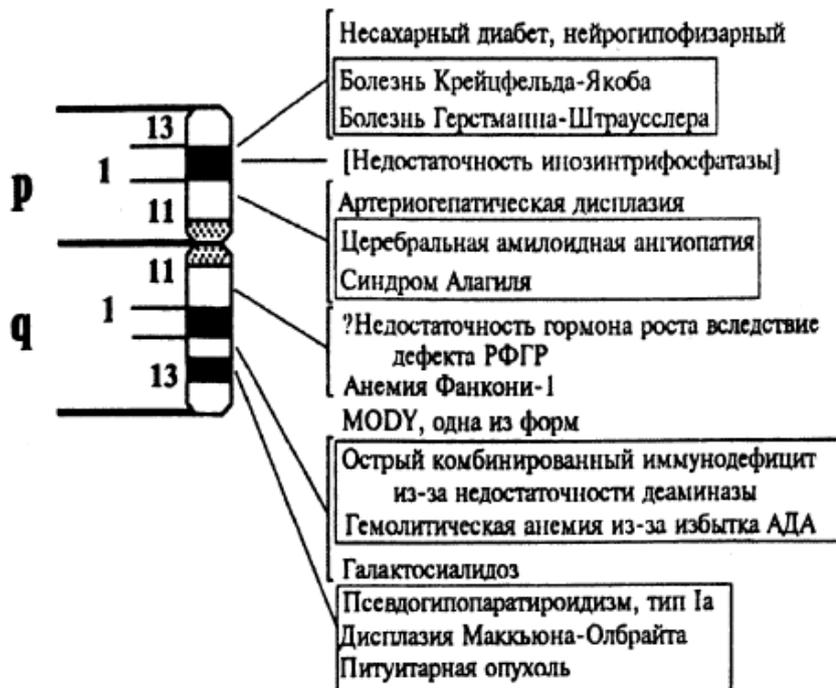


Метгемоглобинемия в результате недостаточности цитохрома b5

## Хромосома 19



## Хромосома 20



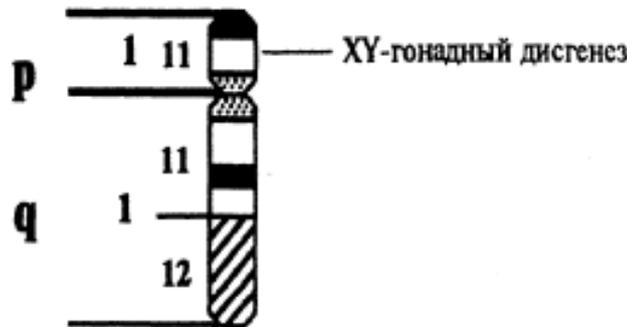
## Хромосома 21



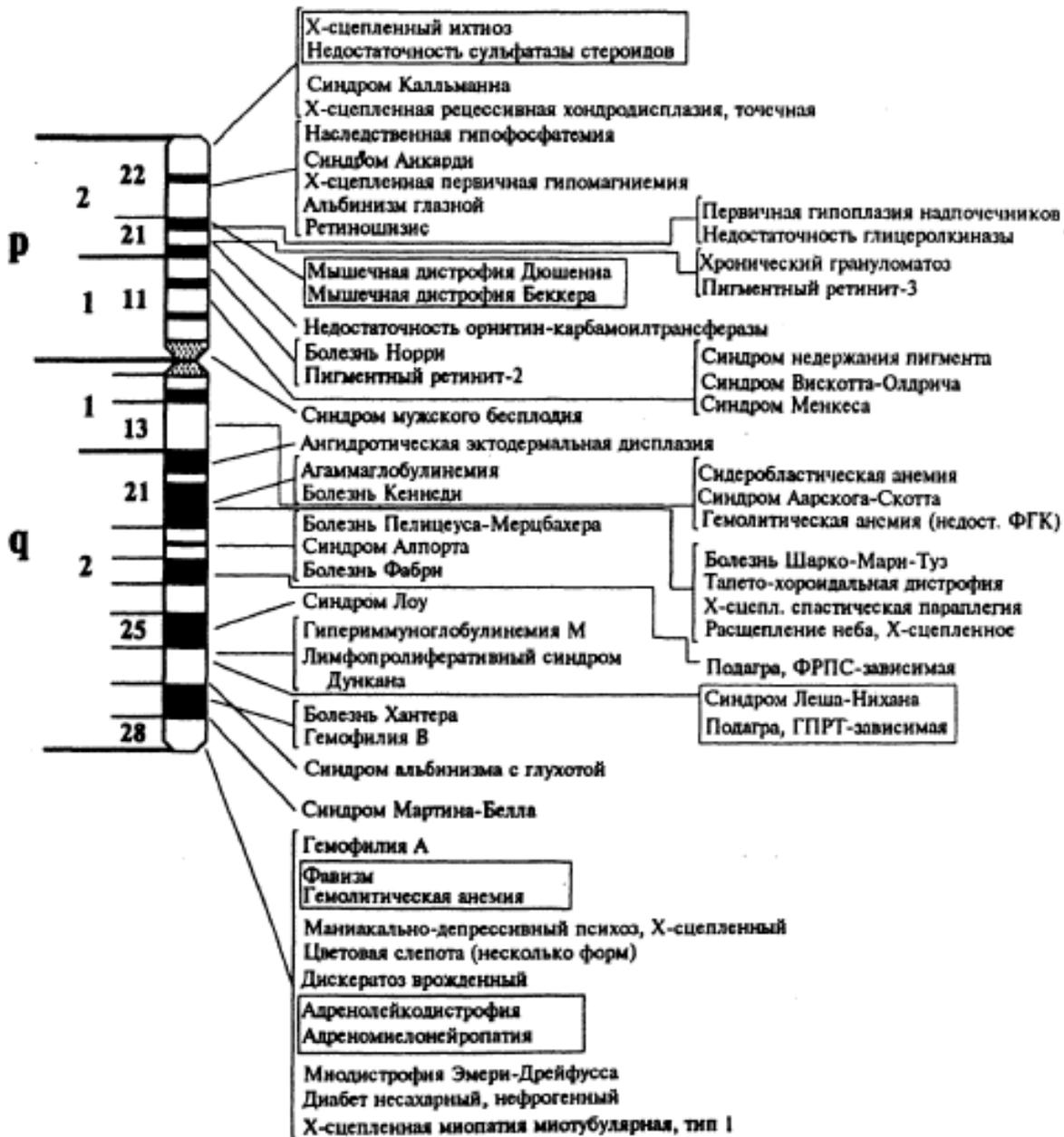
## Хромосома 22



# Y-хромосома



# X-Хромосома



## СОДЕРЖАНИЕ

1. Мировая и отечественная история генетики в лицах.....	3
2. Цель и задача, методика изучения, народно-хозяйственное значение биологической науки.....	26
3. Эволюционное учение ч.дарвина и развитие биологии после дарвинского периода.....	31
4. Возникновение и развитие жизни на земле.....	36
5. Биология клетки. Сущность и степень живого.....	39
6. Размножения организмов и их формы. индивидуальное развитие организмов.....	44
7. Биосфера и общество.....	48
8. Предмет, методы и историческое развития генетической науки.....	51
9. Цитологические основы наследственности.....	56
10. Половые клетки и закономерности их развития. двойное оплодотворение.....	62
11. Молекулярные основы наследственности.....	67
12. Генная инженерия и биотехнология.....	74
13. Законы наследственности при внутривидовой гибридизации. моногибридное скрещивание.....	80
14. Дигибридное и полигибридное скрещивания.....	85
15. Взаимодействия генов. комплементарность и эпистаз.....	90
16. Полимерное и плейотропноедействие генов.....	94
17. Генетика пола. наследование признаков сцепленных с полом.....	100
18. Сцепленное наследование признаков. Кроссинговер.....	105
19. Изменчивость и его закономерность.....	111
20. Полиплоидия. отдаленная гибридизация.....	115
21. Генетические процессы впопуляциях.....	120
22. Гетерозис. цитоплазматическая наследственности.....	124
23. Генетические основы индивидуального развития.....	129
24. Словарь терминов.....	133



**МИНИСТРЕСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

□  
**М.М.АБЕРКУЛОВ, Ш.Б. АМАНТУРДИЕВ,  
Р.Р.ЭГАМБЕРДИЕВ, Ф.Н.ТОРЕЕВ**

**БИОЛОГИЯ И ГЕНЕТИКА**

Курс лекции

Подписано в печать 14.12.2018. формат (60x84) 1/16. Условные печатные листы  
10,25. Издательские печатные листы 10,25. тираж 100 экз. заказ.

---

Отпечатано в отделе “Тахририят-нашриёт” ТашГАУ на основе свидетельства № 21-3540.  
700140, г. Ташкент, ул. Университетская, 3.