

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ)
ФАКУЛЬТЕТ АГРОНОМИИ И ЭКОЛОГИИ

ГЕНЕТИКА

Рабочая тетрадь к лабораторно-практическим занятиям

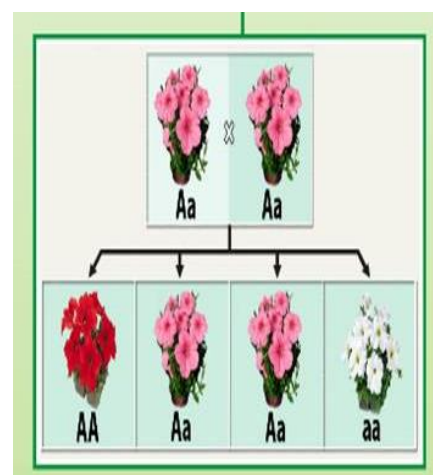
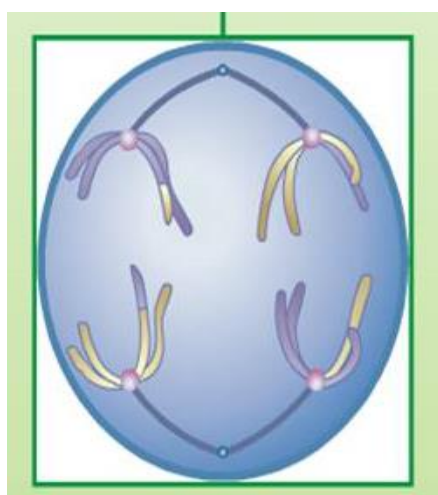
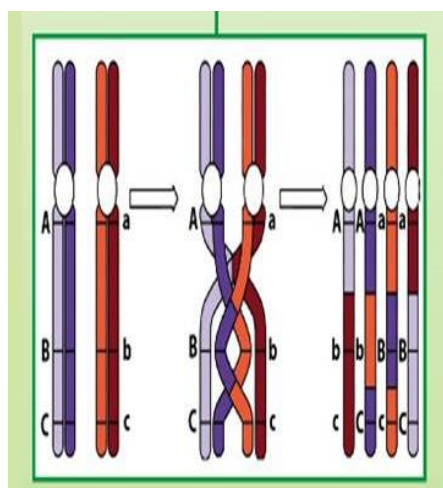
для подготовки бакалавров
по агрономическим направлениям

Студента (ки) _____ курса _____ группы

(ФИО)

Направления подготовки _____

Преподаватель _____



БЛАГОВЕЩЕНСК

Издательство

Дальневосточного государственного аграрного университета
2017

УДК 575
ББК 28.04
Г34

Рецензент –

*Гоголов В.А., канд.с.-х.наук, доцент кафедры кормления,
разведения, зоогигиены и производства продуктов животноводства
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ*

Г34 Генетика : рабочая тетрадь к лабораторно-практическим занятиям /
сост. канд.с.-х.наук, доц. О. А. Селихова. – Благовещенск: Изд-во
Дальневосточного гос. аграрного ун-та, 2017. – 68 с.

Задания составлены согласно рабочей программе в помощь студентам
очного и заочного обучения, обучающихся по агрономическим
направления подготовки и является частью учебно-методического
комплекса.

Предназначены подготовки бакалавров по агрономическим
направлениям.

УДК 575
ББК 28.04

Рекомендовано к изданию методическим советом факультета
агрономии и экологии ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ (Протокол
заседания №4 от 26 февраля 2017 года).

© Издательство Дальневосточного государственного
аграрного университета, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Генетика (от греч. Genesis – происхождение) оказывает большое влияние на современное развитие производственных сил общества. Это – относительно молодая наука, которая разветвляется на генетику растений, животных, человека, микроорганизмов; цитогенетику, популяционную и математическую генетику. Каждая из них, в свою очередь, разделяется на ряд более узких областей генетического исследования. Основы выше перечисленных форм науки были заложены Г. Менделем, открывшим закон дискретной наследственности (1865) и школой Т. Х. Моргана, обосновавшей хромосомную теорию наследственности (1910).

Без учета достижений генетики в настоящее время немыслима полноценная деятельность человека во многих сферах науки и производства: биологии, медицине, сельском хозяйстве. На знании генетики основана вся селекционная работа, разработаны и активно внедряются в практику новые методы биотехнологии и генной инженерии.

Рабочая тетрадь по генетике разработана для студентов очного и заочного обучения факультета агрономии и экологии и является частью учебно-методического комплекса по данной дисциплине.

Разработанные задания помогут приобрести навыки и умения в использовании специализированной терминологии при выполнении типичных заданий и упражнений курса генетики.

Целью рабочей тетради является закрепление теоретических знаний специализированной терминологии и приобретение основных навыков теории и практики в решении задач по генетике.

Рабочая тетрадь включает 10 лабораторно-практических занятий, согласно разработанной рабочей программы дисциплины, кратко отражающих основные ее разделы, предназначена для развития познавательной активности и организации самостоятельной работы студентов по курсу «Генетика», может быть использована студентами в самостоятельном освоении теоретического материала и формировании практических умений и навыков, при подготовке к промежуточной аттестации по дисциплине.

Самостоятельное систематическое выполнение заданий поможет развить необходимые практические и теоретические навыки и умения в понимании и использовании основных положений и законов биологии.

Самостоятельная работа может быть успешной только в том случае, если носит систематический и целенаправленный характер.

В рабочей тетради предусмотрено индивидуальное решение задач по генетике, в соответствии с номером зачетной книжки обучающегося.

**Перечень основной учебной литературы, необходимой для
освоения дисциплины**

1. Ефремова, В.В. Генетика [Текст]: учебник для сельскохозяйственных вузов; доп. М-вом сельского хоз-ва РФ / В.В. Ефремова, Ю.Т. Аистова. – Ростов н/Д: Феникс, 2014. – 248 с.;
2. Коновалов Ю. Б. Общая селекция растений [Электронный ресурс] : учебник / Коновалов Ю. Б., Пыльнев В. В., Хупацария Т. И. [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 494 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5854;
3. Грязева, В. И. Генетика [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Грязева, В.В. Кошеляев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – 180 с. - Режим доступа : <http://ebs.rgazu.ru/?q=node/4357>

**Перечень дополнительная учебной литературы, необходимой для
освоения дисциплины**

1. Петухов, В. Л. Генетика [Текст]: учебник / В. Л. Петухов, О. С. Короткевич, С. Ж. Стамбеков. - Новосибирск: Изд-во Семипалатинского гос. пед. ун-та, 2007. - 616 с
2. Пухальский, В. А. Введение в генетику [Текст]: краткий конспект лекций: учеб. пособие: рек. М-вом с.-х. РФ / В. А. Пухальский. - М.: КолосС, 2007. – 223 с
3. Генетика [Текст]: учеб. пособие для студ. вузов по агр. спец.: рек. М-вом сел. хоз-ва РФ / А. А. Жученко, Ю. Л. Гужов, В. А. Пухальский; ред. А. А. Жученко. - М.: КолосС, 2003, 2006. - 480 с.
4. Генетика развития растений [Текст]: учебник / Л. А. Лутова [и др.]; под ред. С. Г. Инге-Вечтомова. - Санкт-Петербург: Наука, 2000. - 539 с.
5. Селихова, О. А. Практикум по генетике [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по агрономическим направлениям по программе бакалавриата /О. А. Селихова. - Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2015. - 137 с. – Режим доступа: <http://moodle.dalgau.ru/>
6. Мищенко Л.Н. Сборник задач по генетике: учебное пособие / ДальГАУ. ИАЭ. – Благовещенск: ДальГАУ, 2001.- 42 с.

Занятие 1: ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Цели: изучить структурные особенности растительной клетки, связанные с функциональной специализацией. Проследить исторические этапы развития и учения о клетке. Дать общее понятие о кариотипе и строении хромосом.

Задание 1. Заполните таблицу 1 используя материалы учебника рекомендуемой литературы и электронные ресурсы Интернет.

Таблица 1 – Исторические этапы развития учения о клетке и ее свойствах

Фамилия ученого	Научные исследования	Время события
Роберт Гук		1667 (65) г.
Марчелло Мальпигий и Неемия Грю		1671 г.
Теодор Шванн		
	Открытие клеточного деления	1858 г.
Сергей Гаврилович Навашин		1898 г.
Камилло Гольджи		1898 г.
Рихард Альтман		1897 г.
	Описание пластид клетки	1676 г.

Задание 2. Подробно рассмотрите на рисунке 1 строение органоидов эукариотической клетки, особенно строение ядра, как основного носителя наследственной информации, заполните таблицы 2, 3, 4 используя данные рекомендуемой литературы и электронные ресурсы Интернет.

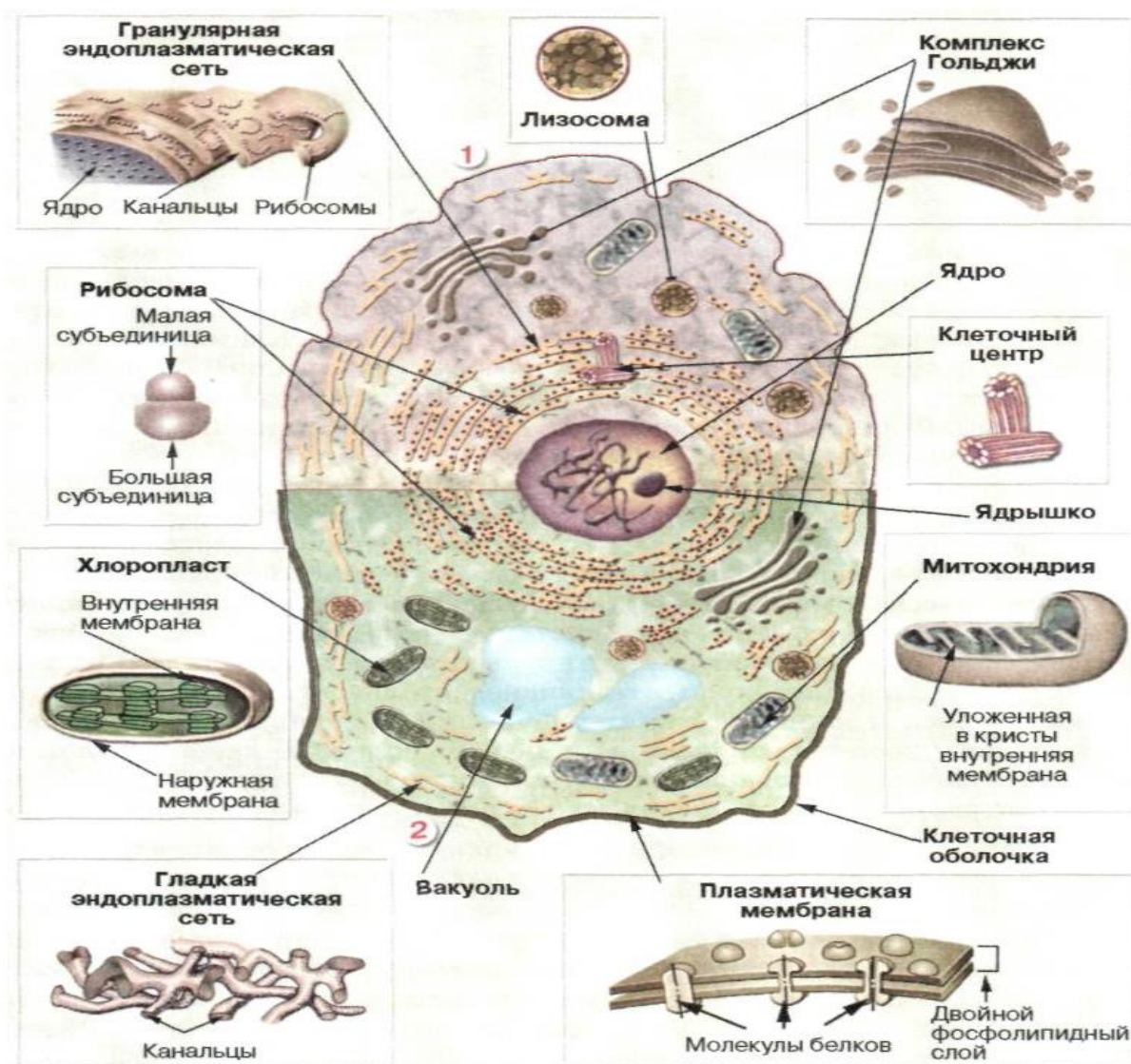


Рисунок 1 - Строение животной (1) и растительной (2) клеток
(по Т. М. Ефимовой , 2008)

Таблица 2 - Строение и функции растительной клетки

Главные органоиды	Строение	Функции
Цитоплазма		
Рибосомы		

Митохондрии		
Пластиды		
Комплекс Гольджи		
Эндоплазматическая сеть		
Вакуоли		
Ядро		

Таблица 3 - Характеристика структурных элементов ядра

Структурные элементы ядра	Строение	Функции
Оболочка		
Ядерный сок (кариоплазма)		

Хроматиновое вещество		
Ядрышки		
Матрикс ядра		

Таблица 4 - Роль органоидов в наследовании

Органоид клетки	Основная роль в наследовании и передаче информации
Ядро	
Пластиды	
Митохондрии	

Задание 3. Рассмотрите строение хромосомы и подпишите части метафазной хромосомы и типы хромосом обозначенные цифрами на рисунке 2.

Хромосома (от древнегреческого «цвет» и «тело») – постоянный компонент ядра, отличающийся особой структурой, индивидуальностью, функцией и способностью к самовоспроизведению, что обеспечивает их преемственность, а тем самым и передачу наследственной информации от одного поколения растительных и животных организмов к другому.

Размеры хромосом у разных организмов варьируют в широких пределах. Длина хромосом может колебаться от 0,2 до 50 мкм.

Число хромосом у различных объектов также значительно колеблется, но характерно для каждого вида животных или растений. (Пример: папоротник уховник 500, тутовое дерево 308, ель сибирская 24)

Совокупность числа, величины и морфологии хромосом называется **кариотипом** данного вида.

Хромосомы животных и растений представляют собой палочковидные структуры разной длины с постоянной толщиной, у большей части хромосом имеется зона первичной перетяжки, которая делит хромосому на два плеча.

В области первичной перетяжки находится **центромера** (центр и греч. méros – часть), где расположен **кинетохор** (от греч. kinetós – движущийся и choros – место), это как бы механический центр хромосомы, к которому прикрепляются нити веретена деления клетки.

Некоторые хромосомы имеют **вторичную перетяжку** – это морфологический признак, позволяющий идентифицировать отдельные хромосомы в наборе. От первичной перетяжки отличаются отсутствием заметного угла между сегментами хромосомы. Вторичные перетяжки бывают короткими и длинными и локализуются в разных точках по длине хромосомы (<http://ru.wikipedia.org>).

В конце интерфазы каждая хромосома состоит из двух сестринских хроматид. Каждая из них, в свою очередь, состоит из двух половинок – полу-хроматид или хромонем.

Хромонемы содержат уплотненные участки – хромомеры, которые в световом микроскопе имеют вид темноокрашенных гранул. Их число, положение и величина в обеих хроматидах одинаковы и для каждой хромосомы относительно постоянны. Когда говорят о морфологии хромосом, то принимают во внимание следующие признаки: длину плеч, положение центромеры, наличие вторичной перетяжки или спутника.

Спутники разных хромосом отличаются по форме, величине и длине нити, соединяющей их с основным телом.

Метафазная хромосома (хромосомы изучаются в метафазу митоза) состоит из двух хроматид.

Концы хромосом называются теломерами (от др. – греч. télos – конец и méros – часть) – концевые участки хромосом. Теломерные участки хромосом характеризуются отсутствием способности к соединению с другими хромосомами или их фрагментами и выполняют защитную функцию. Термин «теломера» предложил Гурман Меллер в 1932 г.

В зависимости от положения центромеры выделяют хромосомы:

- а) метацентрические (равноплечие);
- б) субметацентрические (умеренно неравноплечие);
- в) акроцентрические (резко неравноплечие) хромосомы.

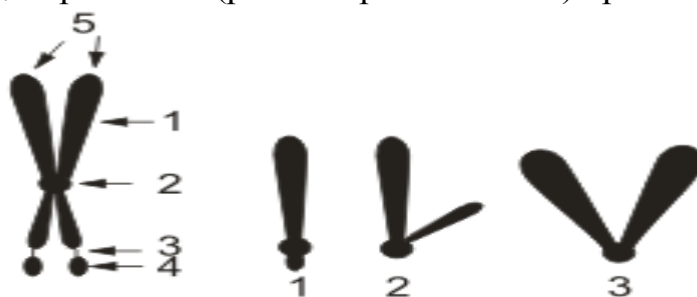


Рисунок 2 – Типы хромосом (1–3); строение метафазной хромосомы (1–5)
(<http://biologiyavklasse.ru/del>)

Типы хромосом

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____

Строение метафазной хромосомы

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____

Работу принял _____

(дата, подпись)

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Назвать различия в строение клеток прокариот и эукариот. Привести примеры таких типов организмов.
2. Назвать отличительные особенности растительных клеток от клеток животного происхождения.
3. Дать характеристику ядра, его строению и функциям
4. Перечислить органоиды цитоплазмы и назовите их функции.
5. Назвать строение и типы хромосом
6. Дать определение кариотипу

Занятие 2: ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Цели: изучить клеточный цикл. Выявить сущность и значение бесполого и полового размножения.

Задание 1. Изучите особенности клеточного цикла.

Клеточное деление представляет собой одно из проявлений основной закономерности, присущей биологическим системам - репродукции, обеспечивающей непрерывность существования в поколениях клеток и организмов.

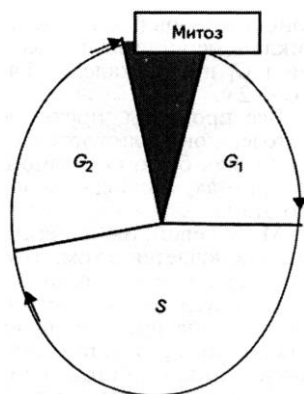
Продолжительностью жизни (клеточным циклом) клетки, способной к делению, можно считать её существование от возникновения в результате деления до ее деления с образованием двух новых дочерних клеток. Жизнь клетки от одного деления до другого, включая само деление, составляет **клеточный цикл**.

Согласно современным данным, клеточный цикл состоит из двух периодов:

- 1) длительного периода биохимической подготовки к делению (интерфаза);
- 2) короткого заключительного этапа деления ядра и цитоплазмы (митоза).



В зависимости от распределения во времени различных синтетических процессов на протяжении интерфазы, клеточный цикл разделяют на 4 периода:



М – митоз;

G₁ – пресинтетический период – период воссоздания цитоплазматических структур, их работы;

S – синтетический период – синтез ДНК, её количество в клетке удваивается;

G₂ – постсинтетический период – период биохимической подготовки к делению.

Рисунок 3 - Схема клеточного цикла (по А. А. Жученко, 2003)

Задание 2. Рассмотрите схему митоза, подпишите каждый из циклов.

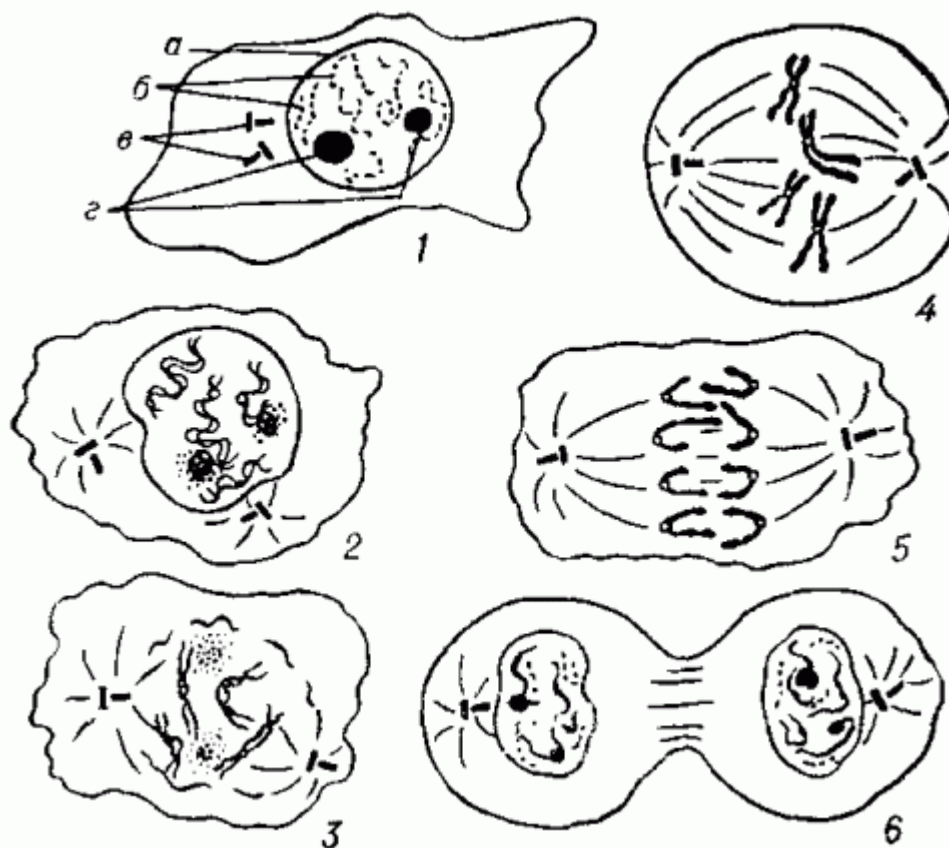


Рисунок 4 – Митоз (Биологический энциклопедический словарь / под. ред. М.С. Гилярова; ред. кол.: А. А. Бабаев, Г. Г. Винберг, Г.А. Заварзин и др. - М.: Сов. Энциклопедия, 1986)

- 1 _____
- _____
- а _____
- в _____
- г _____
- 2 _____
- _____
- 3 _____
- _____
- 4 _____
- _____
- 5 _____
- 6 _____

Задание 3. Рассмотрите и проанализируйте все последовательные стадии мейоза. Используя материалы рекомендуемой литературы, подпишите и дайте характеристику всем последовательным стадиям мейоза

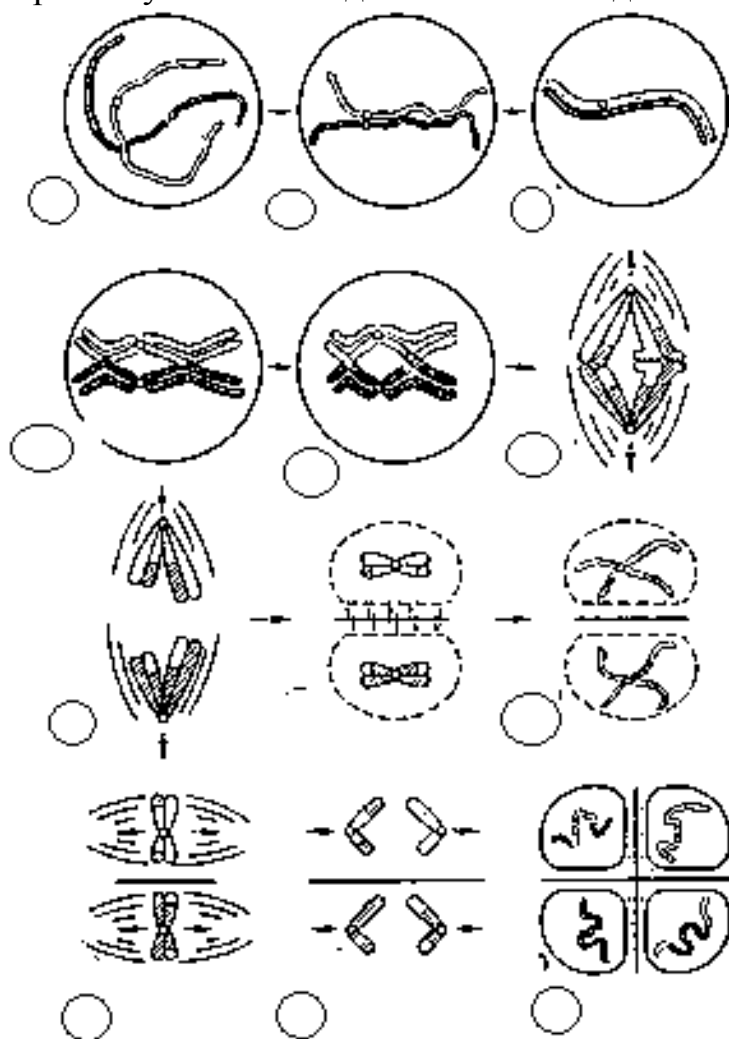


Рисунок 5 – Изображение схемы мейоза растительной клетки
(<http://dic.academic.ru>)

Схема мейоза:

Лептотена _____

Зиготена _____

Пахитена _____

Диплотена _____

Диакинез _____

Метафаза I _____

Анафаза I _____

Телофаза I _____

Интеркинез _____

Метафаза II _____

Анафаза II _____

Телофаза II _____

Одна из двух гомологичных хромосом заштрихована, другая – белая. Обмен белыми и заштрихованными участками хромосом – результат **кроссинговера** (англ. crossingover – перекрест), взаимный обмен участками парных хромосом.

Маленькие белые кружки – центромеры, большой круг – контур ядра. В метафазе и анафазе обоих делений ядерная мембрана исчезает.

В телофазе возникает снова.

В метафазе и анафазе обоих делений стрелками показано направление растягивания и движения хромосом с помощью нитей веретена.

Дайте ответы на вопросы

1. В чем заключается сущность бесполого и полового размножения растений? _____

2. Эволюционное значение мейоза _____

3. Механизм кроссинговера и конъюгации _____

Задание 4. Дополните пропущенные графы в таблице 4, используя лекционный материал, материалы рекомендуемой литературы.

Таблица 4 – Сравнительная характеристика митоза и мейоза

Сравнение	Митоз	Мейоз
	1. Имеют одинаковые	
Сходства	2. Перед митозом и мейозом	
Различия	1. Одно деление	1.....
	2. В метафазе все удвоенные хромосомы выстраиваются по экватору отдельно	2.....
	3.	3. Есть конъюгация
	4. Удвоение молекул ДНК происходит в интерфазе, разделяющий два деления	4. Между первым и вторым делением нет
	5. Образуются две диплоидные клетки (соматические клетки)	5.....
	6. Происходит в соматических клетках	6.....
	7. Лежит в основе.....	7. Лежит в основе.....

Работу принял _____
(дата, подпись)

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

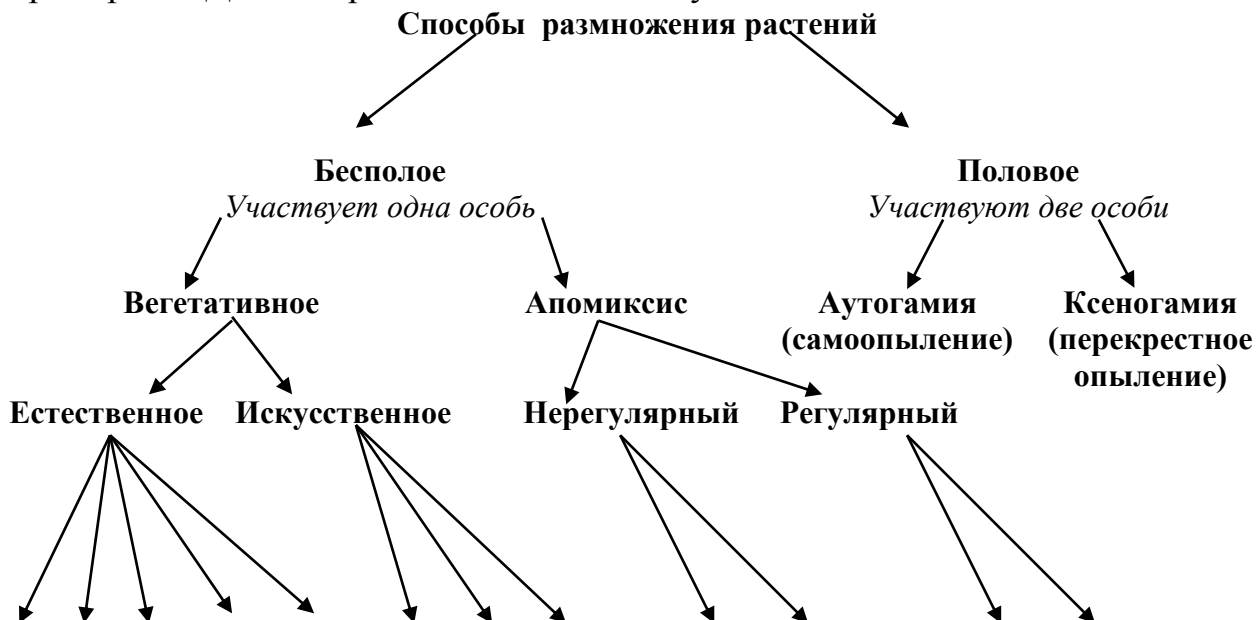
1. Раскрыть сущность периодов клеточного цикла.
2. Дать определение митозу и назвать его значение.
3. Раскрыть сущность и значение мейоза.
4. Дать характеристику профазы I мейоза.
5. Назвать сходства и различия митоза и мейоза

Занятие 3: ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Цели: детально ознакомиться с размножением растений и явлением апомиксиса. Изучить процессы микрогаметогенеза, макрогаметогенеза и оплодотворения растений

Многообразие систем размножения, сложившиеся в процессе длительной эволюции, свидетельствуют об огромном значении её в процветании вида. Способность размножаться, т. е. воспроизводить новое поколение – одно из основных свойств живых организмов. При размножении передается генетический материал от родителей потомству. Размножение обеспечивает непрерывность существования вида и, как правило, его изменчивость, возникающую в результате рекомбинации генетического материала и его мутирования.

Задание 1. Допишите представленную схему размножения растений примерами. Дайте определение апомиксису.



Половое размножение происходит в результате **слияния** двух половых клеток – **гамет** с образованием **зиготы**. Процесс слияния гамет называется **оплодотворением**.

Биологическая роль полового процесса, возникающего на определенном этапе эволюции, состоит в обеспечении генетического разнообразия потомства. В результате полового размножения возникают организмы, которые могут сочетать полезные признаки отца и матери. Такие организмы более жизнеспособны. В сельскохозяйственной практике человек очень широко использует половое размножение.

Апомиксис это явление, _____

Формы апомиксиса различаются между собой в зависимости от того, из каких компонентов семязачатка развивается зародыш. Факты апомиксиса чаще всего наблюдаются у систематических групп высокого уровня эволюционного развития.

Задание 2. С помощью лекционного материала и рекомендуемой литературы распишите процессы схемы образования пыльцевых зерен (рис. 6), зародышевых мешков (рис. 7) у цветковых растений, заполните таблицу 5

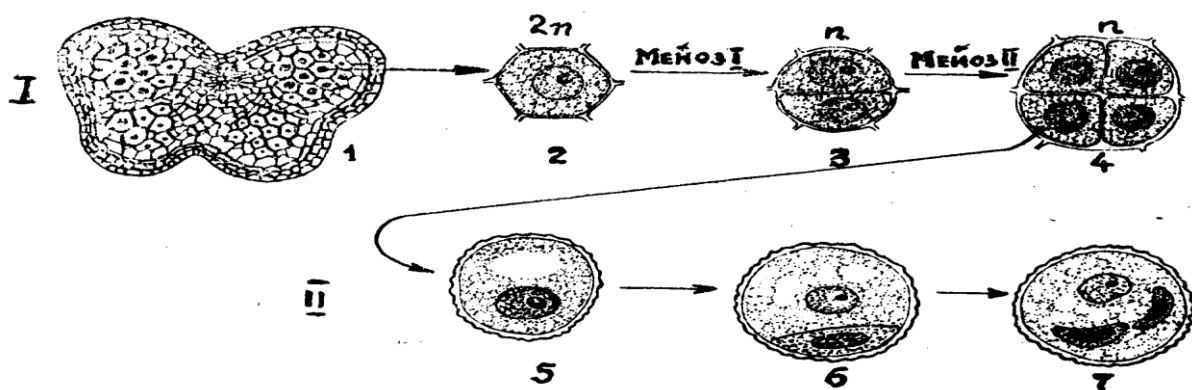


Рисунок 6 - Схема микроспорогенеза (I) и микрогаметогенеза (II) у покрытосеменных растений (по А. З. Латыпову, Г. И. Таранухо).

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____

Микроспорогенез это процесс _____

Микрогаметогенез это процесс _____

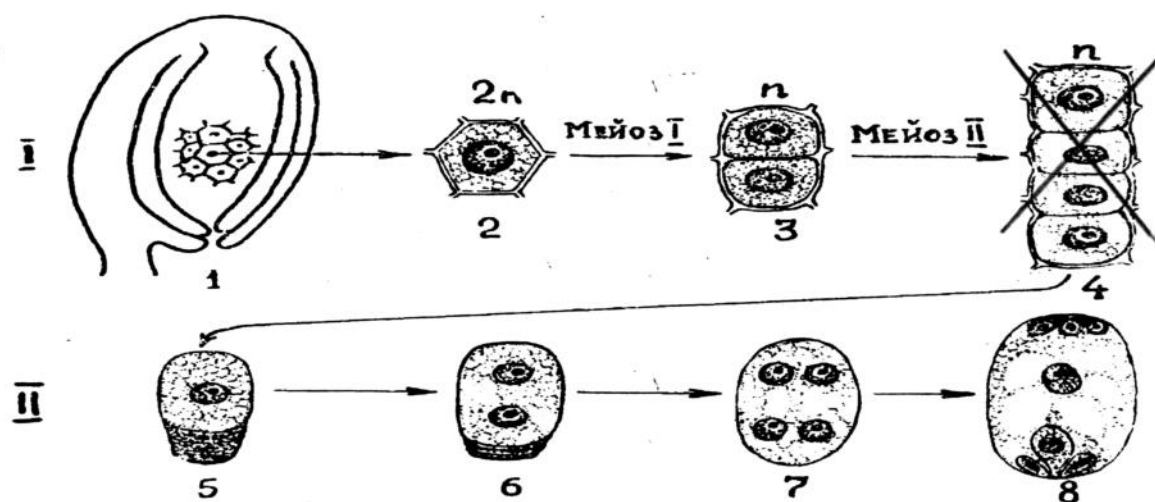


Рисунок 7 - Схема макроспорогенеза (I) и макрогаметогенеза (II) у покрытосеменных растений (по А. З. Латыпову, Г. И. Таранухо).

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
- 6.-7. _____
8. _____

Макроспорогенез это процесс _____

Макрогаметогенез это процесс _____

Таблица 5 – Особенности образования мужского и женского гаметофитов растений

Параметры	Гаметофит	
	спермий	яйцеклетка
Половые органы		
Каким типом деления образуются тетрады		
Ядро делится по типу		
Чем заканчивается процесс		

Задание 4. Изучите особенности двойного оплодотворения у цветковых растений и вставьте пропущенные слова в текст тетради.

Оплодотворение – слияние двух половых клеток – мужской (спермия) и женской (яйцеклетка) гамет.

Оплодотворению предшествует прорастание пылинки, которое начинается с выхода из апертуры пыльцевой трубки. По мере ее роста по столбику пестика в ее растущий конец переходят ядро вегетативной клетки и два спермия (рис. 8).

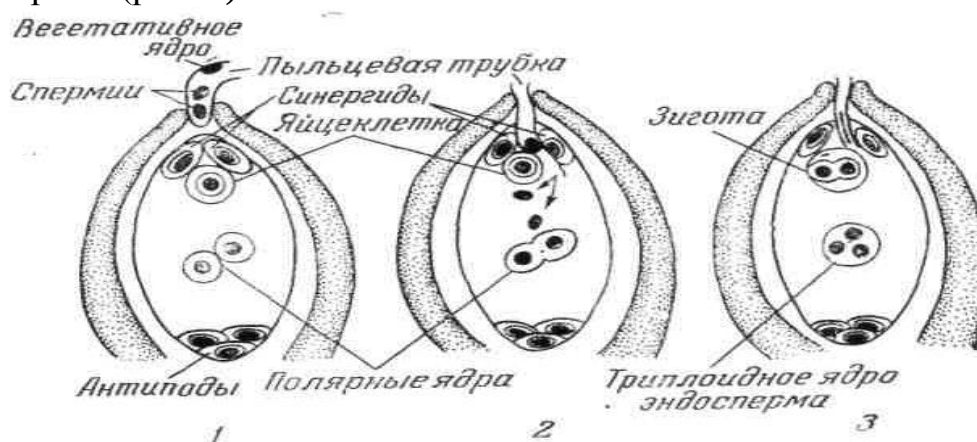


Рисунок 8 - Схема двойного оплодотворения у растений (по Г. В. Гуляеву, 1984):

1 – проникновение пыльцевой трубки в зародышевый мешок; 2 – излияние содержимого пыльцевой трубки в него; 3 – зародышевый мешок после оплодотворения

Достигнув завязи, пыльцевая трубка направляется к ____ и проникает в него чаще всего через _____. Этот процесс получил название _____. Но существуют и иные варианты: _____ – вторжение пыльцевой трубки через халазу (лещина, береза, ольха) и _____ – вхождение сбоку через интегументы (вяз).

После проникновения в зародышевый мешок пыльцевой трубки оболочка на ее кончике разрывается и ее содержимое изливается внутрь. При этом один из _____ сливается с _____, образуя диплоидную зиготу, а второй – с центральным (вторичным) ядром зародышевого мешка, образуя _____, из которого формируется запасающая ткань – _____. Так происходит двойное оплодотворение, характерное только для покрытосеменных. Прочие клетки зародышевого мешка (синергиды и антиподы) _____.

В отличие от голосеменных, у которых довольно мощный гаплоидный эндосперм развивается до оплодотворения, у покрытосеменных _____ эндосперм формируется только после оплодотворения. Этим достигается экономия энергетических ресурсов организма.

Работу принял _____

(дата, подпись)

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Назовите способы размножения растений?
2. Раскрыть сущность бесполого и полового размножения.
3. Назвать способы бесполого размножения растений?
4. Назвать способы полового размножения растений?
5. Назвать процессы, которые протекают в пыльниках и семязпочках растений во время образования гамет
6. Назвать характерные особенности оплодотворения у цветковых растений.
7. Дать определение апомиксису и назвать его формы.

Занятие 4. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Цели: изучить свойства генетического кода. Проследить исторические этапы развития учения о гене. Дать общее понятие о структуре гена. Изучить функции клетки (репликация, транскрипция, трансляция). Освоить решение задач

Задание 1. С помощью лекционного материала опишите особенности строения нуклеиновых кислот в таблице 6 и дайте определение основным функциям клетки

Таблица 1 – Особенности строения нуклеиновых кислот

Тип нуклеиновых кислот	Сахар	Азотистые основания	Количество цепей	Конфигурация в пространстве	Место нахождения в клетке	Функция
ДНК						
иРНК						
тРНК						
рРНК						

Репликация это _____

Транскрипция это _____

Трансляция это _____

Комбинация нуклеотидов в ДНК, определяющая размещение аминокислот в синтезируемом белке, называется **генетическим кодом**, или кодом наследственности.

Генетический код триплетен, т. е. аминокислоты кодируются тройками оснований (например, УУУ, ЦГЦ, АЦА и т. д.).

Генетический код – свойственный всем живым организмам способ кодирования аминокислотной последовательности белков при помощи последовательности нуклеотидов.

В ДНК используется четыре нуклеотида – аденин (А), гуанин (G), цитозин (С), тимин (Т), которые в русскоязычной литературе обозначаются буквами А, Г, Ц и Т. Эти буквы составляют алфавит генетического кода.

В РНК используются те же нуклеотиды, за исключением тимина, который заменен похожим нуклеотидом – урацилом, обозначаемый буквой U (У – в русскоязычной литературе).

В молекулах ДНК и РНК нуклеотиды выстраиваются в цепочки и, таким образом, получают последовательности генетических букв. Для построения белков в природе используется 20 различных аминокислот. Каждый белок представляет собой цепочку или несколько цепочек аминокислот в строго определенной последовательности. Эта последовательность определяет строение белка, следовательно, все его биологические свойства.

ДНК	РНК
Аденин (А) – Тимин (Т)	Аденин (А) – Урацил (У)
Гуанин (Г) – Цитозин (Ц)	Гуанин (Г) – Цитозин (Ц)

Набор аминокислот также универсален для почти всех живых организмов.

Реализация генетической информации в живых клетках (то есть синтез белка, кодируемого геном) осуществляется при помощи двух матричных процессов:

– **транскрипция** (от лат. transcriptio – переписывание) – это процесс считывания информации РНК, осуществляемой и-РНК полимеразой.

– **трансляция** генетического кода в аминокислотную последовательность (синтез полипептидной цепи на матрице мРНК).

Для кодирования 20 аминокислот, а также сигнала «стоп», означающего конец белковой последовательности, достаточно трех последовательных нуклеотидов. Набор из трех нуклеотидов называется **триплетом**.

Свойства генетического кода:

1. *Триплетность* – значащей единицей кода является сочетание трех нуклеотидов (триплет или кодон).

2. *Непрерывность* – между триплетами нет знаков препинания, то есть информация считывается непрерывно.

3. *Неперекрываемость* – один и тот же нуклеотид не может входить одновременно в состав двух или более триплетов (не соблюдается для некоторых перекрывающихся генов вирусов, митохондрий и бактерий, которые кодируют несколько белков, считывающихся со сдвигом рамки).

4. *Однозначность* (специфичность) – определенный кодон соответствует только одной аминокислоте.

5. *Вырожденность* (избыточность) – одной и той же аминокислоте может соответствовать несколько кодонов.

6. *Универсальность* – генетический код работает одинаково в организмах разного уровня сложности – от вирусов до человека (на этом основаны методы генной инженерии).

7. *Помехоустойчивость* – мутации замен нуклеотидов, не приводящие к смене класса кодируемой аминокислоты, называют консервативными. Мутации замен нуклеотидов, приводящие к смене класса кодируемой аминокислоты, называют радикальными (<http://www.vse-pro-geny.com>).

Таблица 7 – Таблица генетического кода (<https://egebiologia.files.wordpress.com>)

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У (А)	Ц (Г)	А (Т)	Г (Ц)	
У (А)	Фен	Сер	Тир	Цис	У (А)
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц (Г)
	Лей	Сер	Терм**	Терм**	А (Т)
	Лей	Сер	Терм**	Трп	Г (Ц)
Ц (Г)	Лей	Про	Гис	Арг	У (А)
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц (Г)
	Лей	Про	Глц	Арг	А (Т)
	Лей	Про	Глц	Арг	Г (Ц)
А (Т)	Илей	Тре	Асп	Сер	У (А)
	Илей	Тре	Асп	Сер	Ц (Г)
	Илей	Тре	Лиз	Арг	А (Т)
	Мет*	Тре	Лиз	Арг	Г (Ц)
Г (Ц)	Вал	Ала	Асп	Гли	У (А)
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц (Г)
	Вал	Ала	Глу	Гли	А (Т)
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г (Ц)

* - кодон обозначает начало трансляции (старт – кодон);

** - кодон обозначает стоп-кодон – сигнал окончания трансляции.

Правила пользования таблицей

Первый нуклеотид в триплете берется из левого вертикального ряда, второй – из верхнего горизонтального ряда и третий – из правого вертикального. Там, где пересекутся линии, идущие от всех трех нуклеотидов, и находится искомая аминокислота.

Задание 2. Решите задачи используя таблицу генетического кода.

Задача 1. Фрагмент и-РНК имеет следующее строение: ГАУГАГУА-ЦУУЦААА. Определите антикодоны т-РНК и последовательность аминокислот, закодированную в этом фрагменте. Также напишите фрагмент молекулы ДНК, на котором была синтезирована эта и-РНК.

Дано:

Решение:

Задача 2. Фрагмент ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов ТТАГЦЦГАТЦЦГ. Установите нуклеотидную последовательность т-РНК, которая синтезируется на данном фрагменте, и аминокислоту, которую будет переносить эта т-РНК, если третий триплет соответствует антикодону т-РНК.

Решение:

Ответ:

Ген (от греч. *genos* – род, происхождение) – участок молекулы геномной нуклеиновой кислоты, характеризующийся специфической для него последовательностью нуклеотидов, представляющий единицу функции, отличной от функций других генов, и способный изменяться путем мутирования.

Термин ген предложен Вильгельмом Людвигом Иогансеном в 1909 году, однако проникновение в его сущность связано с именем Грегора Менделя, который еще в 1860-х гг. ввел термин «наследственный фактор» и на основе точных экспериментов сделал гениальные обобщения относительно свойств и поведения наследственных факторов при передаче информации от родителей потомкам, которые в последующем легли в основу теории гена.

Это следующие фундаментальные свойства наследственных факторов – генов:

- 1) наличие альтернативных наследственных факторов для развития каждого конкретного признака организма (в современном представлении доминантный и рецессивный аллели гена);
- 2) парность наследственных факторов, определяющих развитие признака (у диплоидного организма). Существенный вывод: наследуются не признаки, а от родителей к потомкам передаются вместе с гаметой гены. Из этих двух положений был развит принцип аллелизма.

3) Относительное постоянство гена.

Классификация генов

Накопленные знания о структуре, функциях, характере взаимодействия, экспрессии, мутабельности и других свойствах генов породили несколько вариантов классификации генов.

По месту локализации генов в структурах клетки различают расположенные в хромосомах ядра ядерные гены и цитоплазматические гены, локализация которых связана с хлоропластами и митохондриями.

По функциональному значению различают структурные гены, характеризующиеся уникальными последовательностями нуклеотидов, кодирующих свои белковые продукты, которые можно идентифицировать с помощью мутаций, нарушающих функцию белка, и регуляторные гены – последовательности нуклеотидов, не кодирующие специфические белки, а осуществляющие регуляцию действия гена (ингибирование, повышение активности и др.).

По влиянию на физиологические процессы в клетке различают летальные, условно летальные, супервитаальные гены, гены-мутаторы, гены-антимутаторы и др.

Следует отметить, что любые биохимические и биологические процессы в организме находятся под генным контролем.

Деление клеток (митоз, мейоз) контролируется несколькими десятками генов; группы генов осуществляют контроль восстановления генетических повреждений ДНК (репарация).

Онкогены и гены-супрессоры опухолей (от греч. *onkos* – нарост, опухоль и ген) – участвуют в процессах нормального деления клеток; гены, обуславливающие превращение нормальных клеток эукариот в злокачественные. Индивидуальное развитие организма (онтогенез) контролируется многими сотнями генов.

Согласно схеме Сеймона Бензера, генетический материал разделяется на **цистрыоны** – единицы функции, **мутоны** – единицы мутации и **реконы** – единицы рекомбинации.

Все эти единицы характеризуются разным количеством пар нуклеотидов. Бензер высказал верное предположение, что все три единицы не что иное, как разные по протяженности участки молекул нуклеиновых кислот.

Гены делятся на две категории:

структурные – кодирующие строение определенных белков (именно они определяют строение рибосомальных РНК);

функциональные (акцепторные) – служащие местами специфического присоединения белков-репрессоров и белков-активаторов. К акцепторным генам относятся: ген-оператор, ген-промотор, ген-терминатор.

Ген-оператор координирует проявление соседних генов, составляющих оперон. **Оперон** – это функциональная генетическая единица размером, средним между размерами гена и хромосомы, располагается линейно и контролирует обычно родственные биохимические функции.

Ген-промотор – это стартовые точки на ДНК, которым присоединяются РНК-полимеразы с тем, чтобы начать транскрипцию.

Ген-терминатор – ген, прекращающий определенные действия других генов.

Задание 3. Используя материалы рекомендуемой литературы, дать описание свойств гена.

Дискретность – _____

Стабильность – _____

Лабильность – _____

Множественный аллелизм – _____

Аллельность – _____

Специфичность – _____

Плейотропия – _____

Экспрессивность – _____

Пенетрантность – _____

Амплификация – _____

Работу принял _____

(дата, подпись)

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Опишите строение и свойства молекул ДНК и РНК.
2. Как происходит реализация генетической информации в клетке
3. Как происходит репликация нуклеиновых кислот?
4. Чем обусловлено правило Э. Чаргаффа и в чем оно заключается?
5. Опишите процессы транскрипции и трансляции
6. Что представляет собой генетический код? Особенности генетического кода.
7. Приведите классификацию генов. На какие категории они делятся?

Занятие 5. АЛЛЕЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ

Цели и задачи: познакомиться с работами Г. Менделя и выявить особенности гибридологического метода, предложенного им, опытов по моно-, ди- и тригибридным скрещиваниям, типы скрещивания.

Задание 1. Ознакомьтесь с работами Г. Менделя, основными генетическими понятиями.

Для успешного усвоения темы и решения задач по анализу наследования признаков необходимо запомнить генетическую символику (номенклатуру), важнейшие термины, а также закономерности воспроизведения и передачи наследственной информации от одного поколения другому.

Все признаки, по которым различаются особи, делятся условно на две группы: количественные и качественные.

Количественные, или мерные, непрерывно варьирующие признаки детерминируются, как правило, сложными полигенными системами. Характер их наследования изучается с применением методов вариационной статистики.

Качественные признаки, альтернативные, взаимоисключающие, контрастные. Например, окраска венчика цветка, форма листовой пластинки, тип роста, количество белка и др. Каждый качественный признак детерминируется одной или несколькими парами аллельных генов. Каждой паре альтернативных признаков соответствует пара аллельных генов, контролирующая развитие этих признаков. Гены, как известно, визуально не обнаруживаются. О присутствии тех или иных генов у особи судят по фенотипу потомков.

Фенотип и генотип – основные категории генетики. **Генотип** – это совокупность всех факторов наследственности (генов), определяющих формирование фенотипа. **Фенотип** – это совокупность всех без исключений признаков, внешних и внутренних, которые формируются в результате взаимодействия генотипа с внешней средой.

Гомозигота - организм с генотипом, характеризующимся одинаковыми аллелями в данном локусе пары гомологичных хромосом.

Гетерозигота – организм с генотипом, характеризующимся разными аллелями в данном локусе пары гомологичных хромосом.

$\frac{A}{A}$	гомозигота по доминантному аллелю
$\frac{A}{a}$	гетерозигота
$\frac{a}{a}$	гомозигота по рецессивному аллелю

Аллельные гены (видоизмененные формы одного и того же гена) обозначаются одной и той же буквой латинского алфавита (А и а).

Доминантные гены, проявляющиеся у потомков первого поколения, обозначаются заглавными буквами: А, В, Т, D, R и т. д., а рецессивные, отступающие, скрытые – строчными (малыми): а, в, т, d, r и т. д.

Если ген существует в трех и более формах, говорят о множественных аллелях.

Аллельные гены находятся в гомологичных хромосомах друг против друга на одинаковых местах (локусах).

Законы Менделя

1. Первый закон Менделя – закон единообразия, или доминирования признака у гибридов первого поколения

2. Второй закон Менделя – закон расщепления во втором поколении в соотношении 3:1 (моногибридное скрещивание) и 9:3:3:1 (дигибридное скрещивание).

3. Третий закон Менделя – при скрещивании двух особей, отличающихся друг от друга по двум (и более) парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях (закон независимого наследования).

4. Сокращения и правила, применяемые в генетике

Родители обозначаются латинской буквой (Parents – родители)	P
Рядом записываются их генотипы	
Женский пол обозначают знаком зеркало Венеры	♀
Мужской пол обозначают знаком щит и копьё Марса	♂
Между родителями ставят знак, обозначающий скрещивание	×
Генотип матери от знака × пишут	Слева
Генотип отца от знака × пишут	Справа
Ниже записанных генотипов родителей записывают соответствующие гаметы	
Первое поколение потомков (Filii – дети) обозначают символом -	F₁
второе -	F₂ и т. д.
Рядом записывают генотипы потомков	

При гибридологическом анализе и в практической селекции применяют взаимные, анализирующие и возвратные скрещивания.

Задание 2. Раскройте суть следующим типам скрещивания.

Анализирующие скрещивания _____

Взаимные, или реципрокные скрещивания _____

Возвратные скрещивания или беккроссы _____

При установлении генотипа родителей по генотипу и фенотипу потомков следует помнить, что один ген аллели достался потомку от отца, а другой от матери. Варианты возможных генотипов и их гамет приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Варианты возможных генотипов и их гамет

Тип скрещивания	Генотипы	Гаметы
Моногибридное	Гомозигота по доминанте АА	Только А
	Гомозигота по рецессиву аа	Только а
	Гетерозигота Аа	А и а
Дигибридное	Гомозиготы ААВВ аавв	Только АВ Только ав
	Гетерозиготы АаВВ ааВв ААВв Аавв	АВ и аВ аВ и ав АВ и Ав Ав и ав
	Дигетерозиготы АаВв	АВ, Ав, аВ, ав
Полигибридное	Гомозиготы ААВВСС ааввсс	Только АВС Только авс
	Гетерозиготы АаВВСС ааВвсс ААВвСС АаввСс	АВС и аВС аВс и авс АВС и АвС АвС, Авс, авс, авС
	Тригетерозиготы АаВвСс	АВС, АВс, АвС, Авс, аВС, авС, аВс, авс

Задание 3. Запишите в тетрадь и запомните типы доминирования

Полное доминирование _____

расщепление в моногибридных скрещиваниях по фенотипу в отношении _____ по генотипу в отношении _____.

Неполные доминирование _____

расщепление в моногибридных скрещиваниях по фенотипу в отношении _____ по генотипу в отношении _____.

Кодоминирование _____

расщепление в моногибридных скрещиваниях по фенотипу в отношении _____ по генотипу в отношении _____.

Сверхдоминирование

расщепление в моногибридных скрещиваниях по фенотипу в отношении
по генотипу в отношении .

Теоретически ожидаемое расщепление в F_2 при ди- и полигибридном скрещивании рассчитывают двумя способами:

1. С помощью решетки Пеннета;
2. Алгебраически.

Задание 4. Запомните формулы, используемые при алгебраическом способе расчета:

2^n – формула расчета типов гамет, где n – число пар ген, учитываемых у участвующих в скрещивании особей.

2ⁿ – формула расчета при определении фенотипов потомков при полном доминировании.

Зⁿ – формула расчета числа генотипов потомков, а также фенотипов потомков при неполном доминировании и промежуточном наследовании признаков.

4^n – формула вычисления количества комбинаций генотипов потомков.

При решении задачи должны быть последовательно представлены исходные данные, решение, выводы или ответ, предусмотренный условием задания.

Рекомендации для решения задач

1. Внимательно прочтите условие задачи. Используя генетическую символику, запишите ее условие. Перепишите обозначения аллелей генов и укажите их фенотипическое проявление.

Если в условии задачи не указаны обозначения доминантного и рецессивного генов, введите обозначения самостоятельно.

Помните, что ген может быть обозначен любой буквой латинского алфавита, причем доминантный ген обозначается заглавной, а рецессивный – строчной буквами.

2. Запишите схему скрещивания родительских особей. Если в задаче указаны фенотипы скрещиваемых особей, определите их генотип в соответствии с условием задачи.

Помните, что:

а) гомозиготная особь имеет две одинаковых аллели гена (АА или аа), а гетерозиготная – разные аллели (Аа);

б) слева пишется генотип женской особи, а справа – мужской. Под генотипом родительских особей обязательно подпишите их фенотип.

3. Определите количество типов гамет, образуемых родительскими особями. Гомозиготная особь образует один тип гамет AA (A) или aa (a), гетерозиготная особь – два типа гамет Aa (A, a).

Дигетерозиготный организм – четыре типа (AaBb AB, Ab, aB, ab). Запишите гаметы родительских особей.

При скрещивании дигетерозигот в потомстве наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 9:3:3:1, по генотипу – 1:2:1:2:4:2:1:2:1, то есть образуется 4 фенотипических и 9 генотипических классов организмов.

4. Определите, какие генотипы образуются у потомков F₁. Помните, что процесс оплодотворения носит равновероятностный характер, то есть любой сперматозоид может оплодотворить любую яйцеклетку.

5. Проанализируйте потомство F₁. Определите его генотип и фенотип. Если необходимо, запишите формулу расщепления по генотипу и фенотипу.

6. Скрестив между собой потомков F₁, получите гибридов F₂. Запишите фенотипы потомства и формулу расщепления по генотипу и фенотипу.

7. Дайте ответы на вопросы задачи. Учтите, что наблюдаемое расщепление носит случайный (статистический) характер, поэтому ответы надо давать в соответствии с теоретически ожидаемыми.

Помните, что:

- вероятность появления события выражается в процентах или долях единицы;

- вероятность появления события может быть равна нулю.

Дать универсальную схему решения таких задач невозможно, так как это могут быть задачи любого типа, но одним из ее вопросов (чаще всего главным) является именно определение вероятности появления особей с заданным признаком. Поэтому, приступая к решению задачи, сначала выясните, к какому типу она относится, а затем решите ее, пользуясь соответствующим алгоритмом. И, самое главное, помните, что ответ должен соответствовать вопросу задачи

Задание 5. Решите задачи.

Задача 1. При скрещивании между собой растений красноплодной земляники всегда получаются растения с красными ягодами, а белоплодной – с белыми. В результате скрещивания обоих сортов получаются розовые ягоды. Какое потомство получится при опылении красноплодной земляники пыльцой растения с розовыми ягодами?

Дано:

Решение:

Ответ: _____

Задача 2. У пшеницы безостность (**A**) доминирует над остистостью (**a**), а красная окраска колоса (**B**) над белой (**b**). Растения безостного красноколосного сорта при скрещивании с пшеницей остистого белоколосного сорта дали:

- 1/4 безостных красноколосных,
- 1/4 безостных белоколосных,
- 1/4 остистых красноколосных,
- 1/4 остистых белоколосных.

Определить генотипы исходных растений. Соответствует ли данное скрещивание анализируемому?

Дано:	Решение:

Ответ: _____

Задача 3. Конусовидная форма шишки ели обыкновенной неполно доминирует над шаровидной, гетерозигота имеет яйцевидную форму шишки. Коричневая окраска семян доминирует над серой. Каково соотношение фенотипов и генотипов в потомстве от скрещивания особи с яйцевидной формой шишки и серыми семенами с гомозиготной особью с шаровидной формой шишки и коричневой окраской семян?

Дано:	Решение:

Ответ: _____

Задача 4. Допустим, что у дуба черешчатого эллиптическая форма желудей доминирует над бочковидной. Напишите генотипы всех растений в следующих скрещиваниях:

- а) эллиптическая $\times$ бочковидная – все потомки эллиптические;
б) эллиптическая $\times$ бочковидная – половина потомков эллиптическая;
в) бочковидная $\times$ бочковидная – потомки только бочковидные

Дано: | Решение:

Ответ: _____

Задача 5. У персика опушенный плод В доминирует над гладким в, а белая мякоть плода D – над желтой d. Скрестили два гомозиготных растения персика: у одного плоды голые с белой мякотью, а у другого – опушенные с желтой мякотью. Определите генотипы и фенотипы родителей и гибридов F1 и F2. Каковы ожидаемые результаты от обоих беккроссов?

Дано: | Решение:

Ответ: _____

Задача 6. Скрещиваются особи $AaBbCc \times AaBbCc$. Какую часть в потомстве составят особи с генотипом: а) $AABbCC$; б) $AaBbCc$; в) $aabbcc$?

Дано:

Решение:

Ответ: _____

Дайте ответы на вопросы:

1. Какое скрещивание называют дигибридным?

2. Наследование, какого количества признаков организма анализируется при дигибридном скрещивании?

3. Что лежит в основе равновероятного образования четырех типов гамет у дигетерозиготного организма?

4. Сколько типов гамет образует особь, имеющая генотип $AABb$, $AaBb$, $AaBB$?

5. Какие гаметы образует особь, имеющая генотип $BbCc$, $VbCc$, $bbCc$?

6. Каковы цитологические основы третьего закона Менделя?

7. Какова формула расщепления гибридов F₂ по фенотипу и генотипу при дигибридном скрещивании?

Работу принял _____

(дата, подпись)

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Перечислить общие правила наследования признаков.
2. Дать определение следующим понятиям: генотип, фенотип, гомозиготный, гетерозиготный организм, аллельные гены, гомологичные хромосомы.
3. Раскрыть суть и привести примеры полного и неполного доминирования, кодоминирования.
4. Дать характеристику взаимным, анализирующим и возвратным скрещиваниям.
5. Раскрыть сущность моно-, ди- и полигибридного скрещиваний.
6. Решить задачу.

Занятие 6. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИ НЕАЛЛЕЛЬНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ГЕНОВ

Цели: рассмотреть принципы наследование признаков при неаллельном взаимодействии генов. Познакомится с особенностями наследования количественных признаков, и дать понятие статическим параметрам и характеристикам количественных признаков.

Неаллельные гены – это гены, расположенные в различных участках хромосом и кодирующие неодинаковые белки. Неаллельные гены также могут взаимодействовать между собой. При этом либо один ген обуславливает развитие нескольких признаков, либо, наоборот, один признак проявляется под действием совокупности нескольких генов.

Выделяют три формы и взаимодействия неаллельных генов:

- комплементарность;
- эпистаз;
- полимерия.

Задание 1. Используя рекомендуемую литературу и дополнительную научную литературу (фонда учебного абонемента библиотеки Дальневосточного ГАУ), дайте определение, приведите примеры неаллельному взаимодействию генов и заполните таблицу 9.

Комплементарное (дополнительное) действие генов _____

Эпистаз _____

Полимерное взаимодействие генов _____

Таблица 9 – Расщепление признаков F_2 при неаллельном взаимодействии генов

Тип взаимодействия	Расщепление признаков F_2
Комплементарное	
Эпистаз: доминантный рецессивный	
Полимерия: аддитивная неаддитивная	

Задание 2. Решите задачу на комплементарное взаимодействие генов.

Задача 1. Допустим, у груши обыкновенной (*Pyrus communis* L.) окраска цветков может быть белой, красной и лососево-красной. Она обуславливается комплементарным взаимодействием генов L и P. Красная окраска цветков проявляется, если в генотипе содержатся аллели $L_P_$, розовая $llP_$, в остальных случаях – белая. Какова вероятность появления потомков с белой окраской цветков от скрещивания растений с генотипами $LLPp$ и $llPp$

Дано:	Решение:
-------	----------

Дано:	Решение:
-------	----------

Ответ: _____

Задание 3. Решите задачу на эпистатическое взаимодействие генов.

Задача 1. У сортов яблони домашней *Malus domestica* Borh. основная окраска кожицы плода бывает, красной, желтой и зеленой. Красная окраска (синтез антоцианов) обусловлена доминантной аллелью А, желтая (синтез флавонов) – рецессивной аллелью а. Доминантная аллель В нейтральна, тогда как рецессивная аллель в эпистатична, определяя зеленую окраску (синтез хлорофиллов). Определить соотношение гибридов в F1 и F2, если скрещиваются зеленоплодный сорт с генотипом AAbb и красноплодный дигетерозиготный AaBb.

Дано:	Решение:

Дано:	Решение:
-------	----------

3. Что такое экспрессивность? Чем она отличается от пенетрантности?

Работу принял _____

(дата, подпись)

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Назвать основные формы взаимодействия неаллельных генов.
2. Решить задачу.

Занятие 7. СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ. КАРТИРОВАНИЕ ХРОМОСОМ

Цели: рассмотреть принципы составления карт хромосом. Научиться отличать типологию кроссинговера и уметь решать разно уровневые задачи.

Задание 1. Ознакомиться с особенностями наследования признаков, гены которых локализованы в одной хромосоме.

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

Изучением наследования признаков, гены которых локализованы в одной хромосоме, занимался выдающийся американский генетик Томас Морган.

Явление совместного наследования признаков называют сцеплением. Материальной основой сцепления генов является хромосома. Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно и образуют одну группу сцепления.

Количество групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом. Явление совместного наследования генов, локализованных в одной хромосоме, называют сцепленным наследованием. **Сцепленное наследование генов, локализованных в одной хромосоме, называют законом Моргана.**

Различают два варианта локализации доминантных и рецессивных аллелей генов, относящихся к одной группе сцепления.

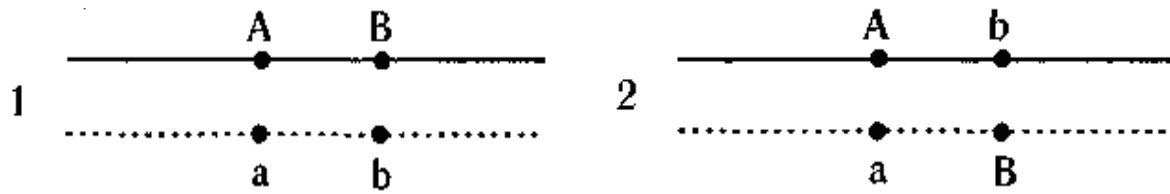


Рисунок 9 – Расположение аллелей гена в хромосомах:
1 – цис-положение; 2 – транс-положение

Цис - положение – доминантные аллели находятся в одной из пары гомологичных хромосом, а рецессивные – в другой.

Транс – положение – доминантные и рецессивные аллели находятся в разных гомологичных хромосомах.

Гены в хромосомах имеют разную силу сцепления. Оно может быть:

- полным, если гены, относящиеся к одной группе сцепления, всегда наследуются вместе;
- неполным, если между генами, относящимися к одной группе сцепления, возможна рекомбинация. Сцепление генов может нарушаться в процессе кроссинговера; это приводит к образованию рекомбинантных хромосом.

В зависимости от особенностей образования гамет различают:

- гаметы с хромосомами, претерпевшими кроссинговер называются _____ гаметы;
- гаметы с хромосомами, образованными без кроссинговера называются _____ гаметы.

Кроссинговер может быть одинарным, двойным, тройным, множественным.

При сцепленном наследовании признаков, гены которых локализованы в одной хромосоме, соотношение фенотипических классов потомства, полученного от скрещивания.

Вероятность возникновения перекреста между генами зависит от их расположения в хромосоме: чем дальше друг от друга расположены гены, тем выше вероятность перекреста между ними.

За единицу расстояния между генами, находящимися в одной хромосоме, принят 1 % кроссинговера.

Его величина зависит от силы сцепления между генами и соответствует проценту рекомбинантных особей (особей, образованных с участием кроссоверных гамет) от общего числа потомков, полученных при скрещивании.

В честь Томаса Моргана единица расстояния между генами названа морганидой.

Процент кроссинговера между генами вычисляют по формуле:

$$x = \frac{(a+b)}{n} \times 100 \%, \quad (1)$$

где

- x — процент кроссинговера, %;
- a — число кроссоверных особей одного класса, шт.;
- b — число кроссоверных особей другого класса, шт.;
- n — общее число особей, полученных от анализирующего скрещивания, шт.

Величина кроссинговера не превышает 50%, если же она выше, то наблюдается свободное комбинирование между парами аллелей, не отличающееся от независимого наследования.

Согласно хромосомной теории наследственности, гены в хромосомах располагаются линейно.

Генетическая карта хромосомы — схематическое изображение относительного положения генов, входящих в одну группу сцепления.

О положении гена в группе сцепления судят по проценту кроссинговера (количеству кроссоверных особей): чем больше процент кроссинговера или количество кроссоверных особей в F_2 , тем дальше будут расположены анализируемые гены в следующем порядке: ABC.

Расстояние между генами

A и C: $A/C = A/B + B/C$,

A и B: $A/B = A/C - B/C$.

Но между генами может происходить и двойной кроссинговер. Он часто затрудняет оценку истинного расстояния между далеко расположенными друг от друга генами, так как он не всегда обнаруживается.

В результате частота кроссинговера между крайними генами оказывается меньше ожидаемой и не равна сумме частот одинарных кроссинговеров.

Только наличие между изучаемыми генами третьего (называемого маркером) позволяет точно установить расстояние.

При решении задач на сцепленное наследование генов генотипы организмов принято записывать в хромосомной форме (**запишите ее самостоятельно**):

(2)

Генотип тригетерозиготной особи при независимом наследовании, записанный в хромосомной форме, будет иметь следующий вид (**запишите самостоятельно**):

(3)

Задачи на сцепленное наследование решаются аналогично задачам на моно- и дигибридное скрещивание. Однако при сцепленном наследовании гены, контролирующие развитие анализируемых признаков, локализованы в одной хромосоме. Поэтому наследование этих признаков не подчиняется законам Менделя.

Помните, что:

- генотипы скрещиваемых особей и гибридов следует писать в хромосомной форме;
- при записи генотипов следует учитывать расположение генов в хромосомах гомологичной пары (цис- или транс-положение). При **цис-положении** доминантные аллели генов находятся в одной хромосоме, а рецессивные – в другой. При **транс-положении** в хромосоме располагаются доминантная аллель одного гена и рецессивная – другого. Если в условии задачи не оговаривается расположение генов, значит, они находятся в цис-положении.

При полном сцеплении особь, гетерозиготная по всем рассматриваемым признакам, образует два типа гамет. При неполном сцеплении происходит образование кроссоверных и некрossoверных гамет:

- количество некрossoверных гамет всегда больше, чем кроссоверных;
- организм всегда образует равное количество разных типов как кроссоверных, так и некрossoверных гамет;
- процентное соотношение кроссоверных и некрossoверных гамет зависит от расстояния между генами;
- если известно расстояние между генами (в процентах кроссинговера или морганидах), то количество кроссоверных гамет определенного типа можно вычислить по формуле:

$$n = \% \text{ кроссинговера}, \quad (4)$$

где

n – количество кроссоверных гамет определенного типа, шт.;

- если известно количество кроссоверных особей, то процент кроссинговера между генами вычисляют по формуле (1);
- если рассматриваются признаки, гены которых входят в состав разных групп сцепления, то вероятность объединения генов разных групп сцепления в одной гамете равна произведению вероятностей каждого гена, образующего эту гамету.

Расщепление гибридов при сцепленном наследовании отличается от расщепления при независимом наследовании. Чтобы определить вероятность появления разных сортов зигот, надо перемножить частоты гамет, образующих эту зиготу.

Дайте ответы на вопросы:

1. Какие хромосомы называются половыми _____

2. Какие хромосомы называются аутосомами _____

3. Запишите парные хромосомы у одного из полов _____
4. Запишите непарную половую хромосому, которая имеется только у особей одного пола и отсутствует у другого _____
5. Какой пол называется гомогаметным _____

Он образует _____ гамет по данным хромосомам.

6. Какой пол называется гетерогаметным _____

Он образует _____ гамет по половым хромосомам.

7. Дайте определение хромосомам сцепленным с полом. Приведите примеры. _____

Задание 3. Решите задачи.

Задача 1. У кукурузы признаки желтых проростков, определяемых геном *gl*, и блестящих листьев – *st*, наследуются сцеплено и являются рецессивными по отношению к признакам зеленых проростков и матовых листьев. От скрещивания гомозиготных растений кукурузы, имеющих желтые проростки и блестящие листья, с растениями, имеющими зеленые проростки и матовые листья, получили 124 гибрида F₁. От скрещивания растений F₁ с линией-анализатором получили 726 растений F₁, в том числе 310 с признаками доминантной родительской формы, 287 - рецессивной родительской формы, 129 - кроссоверных по данным генам.

Дано:	Решение:

Ответ: _____

Эти гены находятся в одной паре гомологичных хромосом, то есть они сцеплены. Поэтому в результате сочетания указанных генов образуется неодинаковое количество гамет: некроссоверных гамет бывает значительно больше, чем кроссоверных. Установлено, что расстояние между генами С и S составляет 3,6 % кроссинговера.

1) какие гаметы и в каком процентном соотношении будут образовывать дигетерозиготное растение кукурузы с окрашенным эндоспермом и гладким алейроном;

Дано: | Решение:

Ответ: _____

Определите:

2) расстояние между генами С и D в морганидах.

Дано:

Решение:

Ответ: _____

Задача 4. Составьте карту хромосомы, содержащую гены А, В, С, D, Е, если частота кроссинговера между генами С и Е равна 10 %, С и А – 1 %, А и Е – 9 %, В и Е – 6 %, А и В – 3 %, В и D – 2 %, Е и D – 4 %.

Дано:

Решение:

Ответ: _____

Работу принял

_____ (дата, подпись)

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Какое наследование называют сцепленным?
2. Что такое сцепление?
3. В каком случае гены наследуются сцеплено?
4. Что такое сцепление генов с полом? Приведите примеры.

5. В чем заключается основная причина совместного наследования признаков?
6. Что такое группа сцепления?
7. Чему равно количество групп сцепления?
8. Какая локализация генов в хромосомах называется цис-положением?
9. Какая локализация генов в хромосомах называется транс-положением?
10. От чего зависит сила сцепления между генами?
11. Какое сцепление называется полным?
12. Какое сцепление называется неполным?
13. Что является причиной нарушения сцепления?
14. Какие гаметы называются кроссоверными?
15. Какие гаметы называются некрассоверными?
16. Как вычислить процент кроссинговера?
17. Частота кроссинговера зависит:
- а) от числа генов в хромосоме б) от расстояния между генами
 - в) от числа хромосом г) ни от чего не зависит
18. Причиной нарушения закона Моргана является:
- а) расхождение хромосом в анафазу I мейоза
 - б) порядок расположения бивалентов в плоскости экватора
 - в) конъюгация г) кроссинговер

Занятие 8: ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ

Цели: ознакомиться с формами не хромосомной наследственности и их характеристикой. Научиться решать задачи.

Передача наследственной информации может происходить не только через хромосомы, но и через элементы цитоплазмы. Это связано с наличием собственной ДНК в митохондриях и пластидах.

Цитоплазматическая наследственность характеризуется следующими особенностями:

1. Признаки и свойства, детерминируемые цитоплазмой, наследуются только по материнской линии.
2. Органоиды цитоплазмы распределяются между дочерними клетками неравномерно, поэтому в F_2 расщепление не подчиняется менделевским законам.
3. Число органоидов цитоплазмы, детерминирующих степень развития признака, непостоянно, что влияет на характер его проявления у гибридов.
4. Цитоплазматическая наследственность проявляется при взаимодействии плазматических генов и ядерных генов, детерминирующих развитие того же признака.
5. Гены, контролирующие цитоплазматическую наследственность, могут мутировать и обуславливать наследственную изменчивость признака.

Гены, локализованные в плазмидах органоидов цитоплазмы, называются **плазмогенами**. Плазмидам свойственна генетическая непрерывность, так как они способны к самовоспроизведению. Установлено, что ДНК митохондрий

(хондриогены) принимает участие в наследственной передаче дыхания – одной из важнейших функций клетки. ДНК пластид (плазмогены) обуславливают пластидную наследственность, обладает высокой чувствительностью к мутагенам, поэтому у растений наиболее часто возникают хлорофильные мутации. Пластидная изменчивость наиболее полно была изучена у пестролистных растений.

Широкое использование в селекции и агрономической практике получила цитоплазматическая наследственность, обуславливающая стерильность пыльцы. Она называется **цитоплазматической мужской стерильностью (ЦМС)**.

У каких культур обнаружена цитоплазматическая мужская стерильность

Цитоплазма, обуславливающая стерильность пыльцы, обозначается **ЦИТ^S** (стерильная цитоплазма), а цитоплазма растений с фертильной пыльцой – **ЦИТ^N** (нормальная цитоплазма). Проявление мужской стерильности зависит не только от ЦИТ^S, но и от ядерных генов, локализованных в хромосомах. Доминантный ген **Rf** подавляет реализацию ЦИТ^S. Цитоплазматическая мужская стерильность, детерминированная ЦИТ^S, может проявиться у растений только в том случае, если в их генотипе содержатся рецессивные ядерные гены **rfrf**.

Таким образом, генотип стерильного аналога может быть записан следующим образом: ЦИТ^Srfrf. Если растения имеют ЦИТ^N, то независимо от ядерных генов у них будет фертильная пыльца. Если растения имеют ЦИТ^S и содержат в генотипе RfRf или Rfrf, то такие растения будут иметь нормальную фертильную пыльцу.

Установлено, что система ЦИТ^S-Rf носит сложный характер. Ядерные гены могут быть представлены серией множественных аллелей или полимерными генами. Ядерный ген Rf не может изменить плазмогены ЦИТ^S в ЦИТ^N, но ослабляет их действие и способствует образованию частично фертильной пыльцы. Фертильность пыльцы могут детерминировать несколько доминантных генов, взаимодействующих комплементарно, поэтому число фертильных цветков на растении, степень фертильности пыльцы в каждом из них – признак очень изменчивый.

Задание 2. Заполните таблицу 9.

Таблица 9 – Особенности не хромосомной наследственности

Тип наследственности	Носитель информации	Через чьи гаметы передаются (♀, ♂)	Какие признаки определяет
Ядерная			
Неядерная:			
Пластидная			
Митохондриальная			
ЦМС			

Задание 3. Решите задачи.

Задача 1. Определить фертильность и стерильность указанных генотипах: ЦИТ^N Rf Rf; ЦИТ^N Rf rf; ЦИТ^N rf rf; ЦИТ^S rf rf; ЦИТ^N Rf Rf ; ЦИТ^S Rf rf.

Дано:

Решение:

ОТВЕТ: _____

Задача 2. Будет ли фертильно потомство от скрещивания растений:

$$\mathbb{Q}IT^N \text{ rf rf} \times \mathbb{Q}IT^S \text{ Rf rf}$$

Дано:

Решение:

Ответ:

Работу принял

(дата, подпись)

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Перечислить особенности цитоплазматической наследственности.
2. Назвать формы неядерной наследственности.
3. Назвать особенности цитоплазматической мужской стерильности (носитель информации, через чьи гаметы передаются, какие признаки определяет).

4. Назвать особенности пластидной наследственности (носитель информации, через чьи гаметы передаются, какие признаки определяет).

5. Назвать особенности митохондриальной наследственности (носитель информации, через чьи гаметы передаются, какие признаки определяет).

6. Привести примеры практического применения цитоплазматической наследственности.

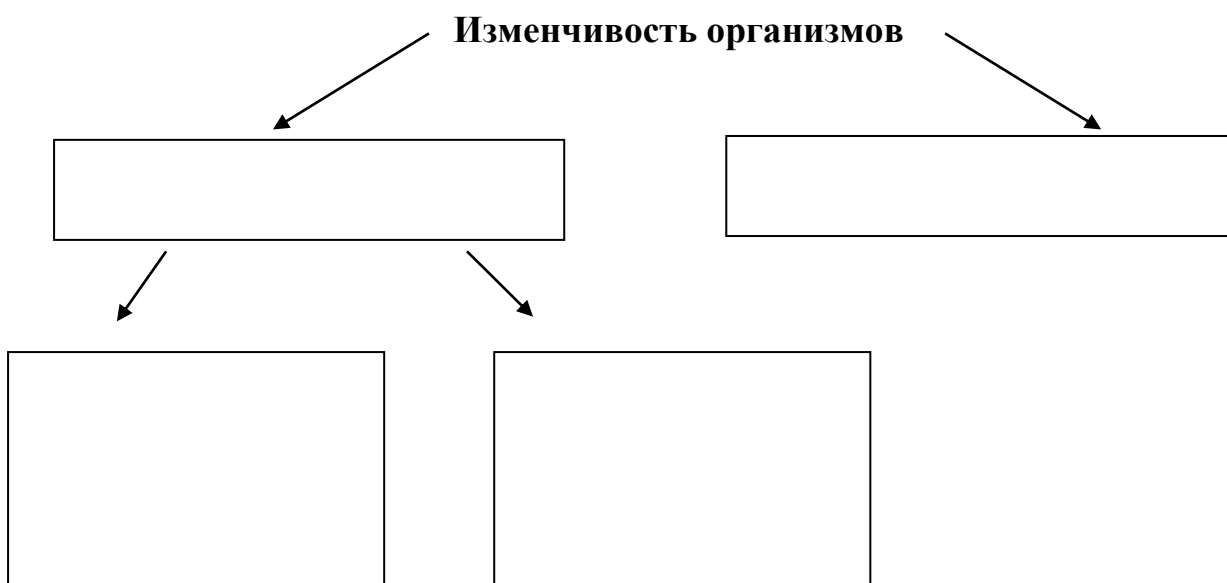
Занятие 9: ИЗМЕНЧИВОСТЬ. МУТАЦИИ И МУТАГЕННЫЕ ФАКТОРЫ

Цели: ознакомиться с видами изменчивости. Дать общее понятие о мутациях, биологической и хозяйственной полезности мутаций. Познакомится с классификацией мутаций. Выявить причины возникновения различного рода мутаций у растений. Дать общее представление о методах изучения мутаций.

Дать общее понятие о полиплоидах, биологической и хозяйственной полезности полиплоидов. Познакомится с классификацией полиплоидов. Выявить причины возникновения различного рода полиплоидии.

Каждое растение, каждое животное в равной мере обладает свойствами наследственности и изменчивости. Изменчивость проявляется в различиях между родственными особями неодинаковых поколений и между родственными особями одного поколения. Она может быть наследственной (генотипической) и ненаследственной (модификационной).

Задание 1. Продолжите схему и приведите примеры видам изменчивости.



Агроном должен хорошо знать соотносительную роль генотипа и среды в формировании элементов продуктивности растений данного сорта, а также характер модификационной изменчивости признаков, под влиянием тех или иных факторов внешней среды (рис. 10).

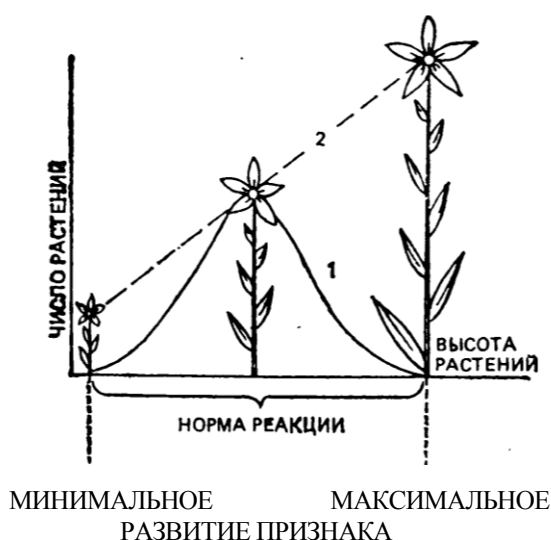


Рисунок 10 - Генетически детерминированная норма реакции определенного вида растений на условия произрастания, (по Либерту):

1 — вариационная кривая, показывающая, что большая часть растений имеет среднее выражение признака; 2 — кривая изменчивости высоты растений

Размах модификационной изменчивости зависит от **нормы реакции** организма, которая определяется его наследственностью и зависит от проявления действия генов. **Пределы модификационной изменчивости какого-либо признака называют нормой реакции.** Организм может характеризоваться большей или меньшей степенью изменчивости различных его признаков. У пшеницы, например, наиболее изменчивые признаки, которые зависят от сроков посева, площади питания растений, удобрений и т. д. — высота растения, кустистость; наименее изменчивы плотность колоса, вес 1000 зерен и др.

Чем шире норма реакции растений данного сорта, тем больше возможность выращивания его в различных почвенно-климатических условиях с сохранением основных хозяйственно-ценных признаков.

Классификация мутаций

Мутации (от лат. *mutatio* — изменение, перемена) — внезапно возникающие естественные (спонтанные) или вызываемые искусственно (индуцированные) стойкие изменения наследственных структур живой материи, ответственных за хранение и передачу генетической информации.

Способность давать мутации — мутировать — универсальное свойство всех форм жизни от вирусов и микроорганизмов до высших растений, животных и человека; оно лежит в основе наследственной изменчивости в живой природе.

Мутации, возникающие в половых клетках или спорах, передаются по наследству. Мутации, возникающие в клетках, не участвующих в половом размножении, приводят к генетическому мозаицизму: часть организма состоит из мутантных клеток, другая — из не мутантных.

В этих случаях мутации могут наследоваться только при вегетативном размножении с участием мутантных соматических частей организма (почек, черенков, клубней и т.п.).

Внезапное возникновение наследственных изменений отмечалось многими учеными XVIII и XIX вв., было хорошо известно Чарльзу Дарвину, но углубленное изучение мутаций началось лишь с зарождением на пороге XX в. экспериментальной генетики.

Теория мутаций зародилась в трудах Гуго де Фриза вскоре после переоткрытия законов Грегора Менделя, он же и впервые предложил этот термин.

Основные положения мутационной теории Гуго де Фриза не утратили своего значения и звучат так:

- мутации возникают внезапно, без всяких переходов;
- новые формы вполне устойчивы;
- мутации не образуют непрерывных рядов, не группируются и не относятся к качественным изменениям;
- одни и те же мутации могут возникать повторно.

Задание 1. Используя ранее полученные знания и материалы рекомендуемой литературы и с помощью лекционного материала, дайте характеристику типам мутаций.

1. По характеру изменения генома:

генные мутации – _____

хромосомные мутации или перестройки – _____

геномные мутации – _____

2. По проявлению в гетерозиготе:

доминантные мутации _____

рецессивные мутации _____

3. По отклонению от нормы и так называемого дикого типа:

прямые мутации – _____

реверсии – _____

4. В зависимости от причин, вызывающих мутации:

спонтанные – _____

индуцированные – _____

5. По локализации в клетке:

ядерные – _____

цитоплазматические – _____

6. По возможности наследования:

генеративные – _____

Генные мутации

Генные мутации или точковые включают изменения чередования пар нуклеотидов и включают следующие группы: транзиции, трансверсии, вставки и выпадения.

1. **Транзиция** (от лат. *transitu* – переход, перемещение) – это мутация, обусловленная заменой азотистого основания в молекуле нуклеиновой кислоты, когда одно пуриновое основание меняется на другое, и одно пиримидиновое на другое.

2. **Трансверсия** (от лат. *transversus* – повернутый в сторону, отведенный) – мутация, обусловленная заменой пуринового основания на пиримидиновое и наоборот, т.е. это замена пар нуклеотидов. Их иногда называют перекрестными заменами.

3. **Вставка** – происходит вставка лишней пары нуклеотидов.

4. **Выпадение** – выпадение пары нуклеотидов.

Причиной генной мутации, возможно, является ошибка трех Р: репликации (копирования), репарации (ремонта) или рекомбинации (образование новых комбинаций).

Хромосомные мутации

Хромосомные мутации – это тип мутаций, вызванный перемещением генетического материала и приводящий к изменению структуры хромосом. Многие из хромосомных мутаций доступны изучению под микроскопом.

Перестройки могут быть **внутрихромосомными** и **межхромосомными**. Внутрихромосомные перестройки подразделяются на четыре группы.

1. **Дефишенси** – нехватка концевых участков хромосом.

2. **Делеции** – нехватки внутренних участков хромосом.

3. **Дупликации** – удвоение или умножение части хромосом.

4. **Инверсии** – изменение чередования генов в хромосоме в результате поворота участка хромосомы на 180 градусов.

Межхромосомные перестройки подразделяют на транслокации и транспозиции.

Транслокации (от лат. *trans* – через и *locatio* – размещение) – перемещение части хромосомы на другую хромосому, гомологичную ей.

Особое положение занимают **транспозиции** (лат. *transpositio* – перестановка) – изменение локализации небольших участков генетического материала, включающих один или несколько генов. Транслокации могут происходить и в пределах одной хромосомы.

Поскольку хромосомы являются носителями генов, такие структурные изменения имеют для организма значительные последствия. Особенно сильно они влияют на плодоношение и жизнеспособность.

Потеря сегментов в гомологичной хромосоме приводит к летальности. Часто из двух гомологичных хромосом только одна становится укороченной, поэтому нехватки и другие структурные изменения в гетерозиготном

состоянии не всегда сказываются на фенотипе и рецессивные мутации долгое время могут находиться в скрытом состоянии.

К растениям, у которых нарушена структура хромосом, относят лишённые или бедные хлорофиллом особи, которые нежизнеспособны. Хромосомные мутации играют серьёзную роль в эволюционных преобразованиях видов, а возникают они под действием мутагенов.

Геномные мутации

Мутации геномов – это изменение числа хромосом у особи или изменение гаплоидного набора хромосом.

Мутагены – физические и химические факторы воздействия которых на живые организмы вызывает изменения наследственных свойств (генотипа).

Задание 2. Приведите примеры мутагенов.

Мутагены разделяются на:

физические _____

физико-химические _____

химические _____

биологические _____

Мутагенез (мутация + греч. genesis – возникновение, развитие) – процесс возникновения наследственных изменений – мутаций, появляющихся естественно (спонтанно) или вызываемых (индуцируемых) различными физическими или химическими факторами – мутагенами.

В основе мутагенеза лежат изменения в молекулах нуклеиновых кислот, хранящих и передающих наследственную информацию. Эти изменения выражаются в виде генных мутаций или хромосомных перестроек.

Задание 3. Напротив каждого типа хромосомных мутаций поставьте соответствующее ему цифровое значение.

$A B C D E F G H \rightarrow A B C E F G H$	
$A B C D E F G H \rightarrow A B C B C D E F G H$	
$A B C D E F G H \rightarrow A B C F E D G H$	
$A B C D E F G H \rightarrow A D C B E F G H$	
$A B C D E F G H \rightarrow M N O C D E F G H$	
$M N O P Q R \rightarrow A B P Q R$	
$A B C D E F G H \rightarrow A D E F B C G H$	

1 – транспозиция;

4 – дупликация;

2 – делеция;

5 – реципрокная транслокация;

3 – перичентрическая инверсия;

6 – парацентрическая инверсия.

Задание 4. Дайте характеристику видам изменчивости в виде таблицы:

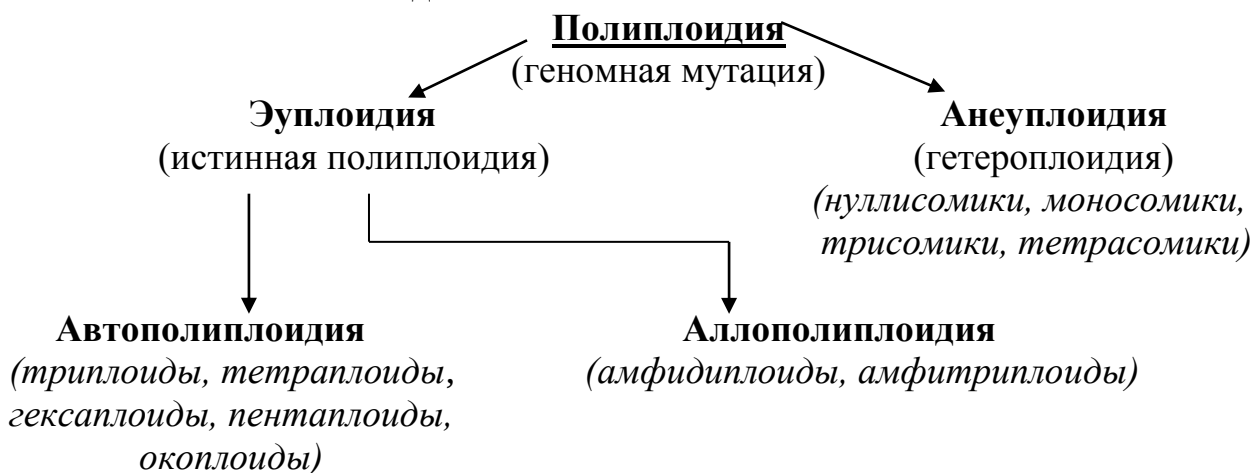
Таблица 10 – Особенности изменчивости

Вид изменчивости	Наследственная или ненаследственная	Факторы, вызывающие изменчивость	Механизм возникновения	Практическое значение
Модификационная				
Комбинативная				
Мутационная				

Полиплоидия является одним из мощных источников для изменчивости и отбора в растительном мире. **Полиплоидией** в широком смысле называется геномная мутация, обусловленная изменением числа хромосом в клетках данного организма. Основное число хромосом полиплоидного ряда – гаплоидное, что принято обозначать $n=x$. Диплоидное состояние организмов – первый шаг полиплоидии, его обозначают $2n=2x$. Развитие у высших растений при двойном оплодотворении триплоидного эндосперма подтверждает, что возникновение полиплоидии в эволюции растительного мира – не случайность. Увеличение основного числа хромосом в несколько раз ведет к появлению полиплоидного ряда внутри вида, рода или семейства.

Растения, у которых произошло увеличение числа хромосом кратно гаплоидному, называются **эуплоидами**, или истинными полиплоидами. Растения, у которых изменилось (увеличилось или уменьшилось) число хромосом не кратно гаплоидному, называется **гетероплоидами**, или **анеуплоидами**.

Задание 4. Ознакомьтесь с формами полиплоидии и причинами возникновения полиплоидов.



Причины возникновения полиплоидов:

- не расхождение сестринских хромосом в анафазе митоза;
- отсутствие цитокинеза;
- нарушение функций митотического аппарата;
- нарушение мейоза и гаметогенеза;
- нарушение начальных этапов эмбриогенеза.

В зависимости от того, в каких клетках происходит увеличение или уменьшение числа хромосом, различают *соматическую*, *мейотическую* и *зиготическую* полиплоидию. В природе полиплоиды чаще всего возникают в результате слияния нередуцированных гамет (мейотическая полиплоидия) или нарушение первого деления зиготы (зиготическая полиплоидия). Индуцированные полиплоиды чаще всего получают путем воздействия на митотическое деление клеток меристемы точек роста (соматическая полиплоидия).

Автополиплоидами называются растения, полученные искусственно или спонтанно возникшие в результате кратного увеличения числа хромосом в клетках растений данного вида. В зависимости от числа одинаковых геномов их называют *триплоидами* (3X или 3n), *тетраплоидами* (4X или 4n), *октоплоидами* (8X или 8). Автополиплоидия оказывает существенное влияние на морфологические признаки растений, мейоз и процесс образования гамет - на наследование свойств и признаков.

Автополиплоидия обуславливает изменение признаков и свойств, присущих исходным диплоидным растениям. В результате увеличения числа хромосом в первую очередь увеличиваются размеры клеток и ядер, а также число органоидов цитоплазмы – пластид, митохондрий и др. У растений при оптимальном уровне пloidности увеличиваются размеры листьев, длина и толщина стебля. Чашелистики, лепестки венчика, пыльцевые зерна, плоды и семена у автополиплоидов бывают крупнее, чем у исходных диплоидных растений. В селекции широко используют автополиплоидию для создания ценного исходного материала.

Аллополиплоидами называются растения, в кариотипе которых содержатся удвоенные наборы хромосом разных видов и родов. Они могут возникать в природе или быть получены искусственно при удвоении числа хромосом у межвидовых или межродовых гибридов.

Анеуплоидами называются растения, имеющие число хромосом, не кратное гаплоидному. Анеуплоиды у диплоидных растений могут возникать разными путями. В одних случаях они образуются в результате отхождения двух гомологичных хромосом к одному полюсу в анафазе мейоза или митоза. В других – в результате отсутствия конъюгации хромосом и образования *унивалентов*. Униваленты, как правило, не ориентируются надлежащим образом между полюсами и могут отойти случайно к тому или другому полюсу или же, разделяются, как при митозе, на две хроматиды. В последнем случае нарушается расхождение их в дочерние клетки при втором делении

мейоза. В результате могут образовываться гаметы с набором хромосом $n-1$ и $n+1$, при слиянии которых в процессе оплодотворения образуются зиготы, содержащие числа хромосом, равные $2n-1$, $2n-2$, $2n+1$, $2n+2$.

Таблица 2 – Набор хромосом анеуплоидов

Набор хромосом	Название организма
$2n - 1$	Моносомик
$2n - 2$	Нуллисомик
$2n + 1$	Трисомик
$2n + 2$	Тетрасомик
$(2n + 1 + 1)$	Двойной трисомик
$(2n - 1 - 1)$	Двойной моносомик

Образование трисомиков характерно многим растениям, в том числе хорошо изученному в этом отношении ячменю. У пшеницы существуют трисомические и тетрасомические формы. Известно, что чем выше число хромосом в наборе данной формы, тем менее сказывается трисомия на фертильности.

Задание 5. Заполните таблицу 11.

Таблица 11 – Особенности геномной мутации

Плоидность	Хромосомный набор	Способы образования	Характерные особенности	Пример растения
Автополиплоиды				
Аллополиплоиды				
Анеуплоиды				

Задание 6. Решите задачи.

Задача 1. Виды щавеля (*Rumex*) составляют полиплоидный ряд с основным числом X , равным 10. пользуясь знаками X и n , обозначить диплоидное число: а) диплоидного; б) тетраплоидного; в) гексаплоидного г) октаплоидного видов.

Дано:

Решение:

Ответ:

Задача 2. Топинамбур – гексаплоидный вид ($2n = 102$). Определить гаплоидное (n) и основное (X) числа хромосом.

Дано:

Решение:

Ответ:

Работу принял

(дата, подпись)

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Какие формы изменчивости вам известны?
2. Перечислить свойства мутаций.
3. На каких уровнях возникают новые комбинации генов?
4. Привести примеры комбинативной изменчивости, вытекающие из закономерностей наследования признаков, выявленных Г. Менделем.

5. Дать определение понятию норма реакции, привести примеры.
6. Дать характеристику известных вам типам мутаций.
7. Привести примеры различных классов полиплоидов для решения определенных научных и практических задач.
8. Дать характеристику автополиплоидам (хромосомный набор, способы образования, пример).
9. Дать характеристику аллополиплоидам (хромосомный набор, способы образования, пример).
10. Дать характеристику анеуплоидам (хромосомный набор, способы образования, пример).

Занятие 10. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОПУЛЯЦИЯХ

Цели: выявить суть генетических процессов происходящих на уровне популяций и генетический подход в понимании и изучении популяций. Знать принципы равновесного состояния панмиктических популяций, типологию отбора генотипов в популяциях.

Популяцией (от лат. *populatio* – население) называется совокупность особей одного вида, занимающих определенный ареал, свободно скрещивающихся друг с другом, имеющих общее происхождение, определенную генетическую структуру и в той или иной степени изолированных от других таких же совокупностей. Каждая популяция имеет определенный генофонд и генетическую структуру.

Генофондом популяции называют совокупность генотипов всех особей популяции. Под генетической структурой популяции понимают соотношение в ней различных генотипов и аллелей.

Изучением закономерностей наследования признаков, генетической структуры и динамики популяций занимается особый раздел генетики – популяционная генетика.

Одними из основных понятий популяционной генетики являются частота генотипа и частота аллели. Под частотой генотипа (или аллели) понимают его долю, отнесенную к общему количеству генотипов (или аллелей) в популяции. Частота генотипа, или аллели, выражается либо в процентах, либо в долях единицы (если общее количество генотипов или аллелей популяции принимается за 100 % или 1).

Так, если ген имеет две аллельные формы и доля рецессивной аллели *a* составляет 3/4 (или 75 %), то доля доминантной аллели *A* будет равна 1/4 (или 25 %) от общего числа аллелей данного гена в популяции.

Большое влияние на генетическую структуру популяций оказывает способ размножения.

Количество потомков исходной гетерозиготной формы в разных поколениях рассчитывается по формуле:

$$\text{Количество особей в поколении} = a \times b \times n,$$

где

a – число исходных гетерозиготных форм, шт.;

b – коэффициент размножения (число потомков одной особи за один цикл размножения);

n – порядковый номер поколения.

Соотношение генотипов в разных поколениях рассчитывается по формуле:

$$2^{n+1} - 2 \text{ AA} / 2 \text{ Aa} / 2^{n+1} - 2 \times \text{aa},$$

где

n - порядковый номер поколения

В популяциях большинства растений и животных, размножающихся половым путем, осуществляется свободное скрещивание, обеспечивающее равновероятную встречаемость гамет.

Популяцию, в которой наблюдается равновероятная встречаемость гамет при свободном скрещивании, называют **панмиктической** (греч. *pan* – все + лат. *mixis* – смешение). Например, растения одного сорта ржи, растущие на одном поле при оптимальных условиях опыления, представляют собой панмиктическую популяцию.

Структура генофонда в панмиктической стационарно популяции описывается основным законом популяционной генетики – *законом Харди – Вайнберга*, который гласит, что *в идеальной популяции существует постоянное соотношение относительных частот аллелей и генотипов, которое описывается уравнением:*

$$(p \text{ A} + q \text{ a})^2 = p^2 \text{ AA} + 2 \times p \times q \text{ Aa} + q^2 \text{ aa} = 1.$$

Если рассматриваются два аллеля одного гена: A и a , то структура аллелофонда описывается уравнением:

$$p \text{ A} + q \text{ a} = 1.$$

В этом уравнении символом $p \text{ A}$ обозначается относительная частота аллеля A , символом $q \text{ a}$ – относительная частота аллеля a .

Закон Харди-Вайнберга дает возможность определить генетическую структуру любой панмиктической популяции.

Параметры	Обозначения
Частота встречаемости гамет с доминантным аллелем A	$p - p \text{ A}$
Частота встречаемости рецессивного аллеля данного гена a	$q - q \text{ a}$

Таким образом, частоты данных аллелей в популяции можно выразить формулой : **$p \text{ A} + q \text{ a} = 1$ (или 100%).**

Зная частоту одного аллеля в популяции, по этой формуле можно определить частоту другого: **$p \text{ A} = 1 - q \text{ a}$ или $q \text{ a} = 1 - p \text{ A}$.**

В панмиктической популяции встречаемость гамет равновероятна, поэтому можно установить и частоты генотипов.

♂ \ ♀	pA	ga
pA	p ² AA	pgAa
ga	pgAa	g ² aa

Суммируя данные о частоте генотипов, образующихся в результате равновероятной встречаемости гамет, Харди и Вайнберг вывели формулу частоты генотипов в панмиктической популяции:

$$p^2AA + 2 pgAa + g^2aa = 1$$

Данная формула позволяет рассчитать частоты аллелей и генотипов в каждой конкретной панмиктической популяции.

При полном доминировании признака можно определить частоту рецессивного генотипа. Он будет гомозиготен по аллелю *aa* - g^2aa , поэтому можно определить частоту рецессивного аллеля *a*: $ga = \sqrt{g^2aa}$.

Зная частоту рецессивного аллеля, можно вычислить частоту доминантного аллеля: $pA = 1 - ga$; частоту доминантного гомозиготного генотипа: $p^2AA = (pA)^2$; частоту гетерозиготного генотипа: $2pgAa$.

Задание 1. Решите задачи.

Задача 1. Популяция состоит из 120 особей с генотипом Aa. Какова частота встречаемости в данной популяции доминантной и рецессивной аллелей гена?

Дано:

Решение:

--	--

Ответ: _____

Задача 2. Популяция состоит из 240 особей с генотипом BB и 260 особей с генотипом Bb. Какова частота встречаемости в данной популяции доминантной и рецессивной аллелей гена?

Дано: | Решение:

Ответ: _____

Задача 3. Какова частота встречаемости в популяции рецессивной аллели а, если частота встречаемости в данной популяции доминантной аллели А 1) 0,36; 2) 0,44; 3) 0,62; 4) 0,13?

Дано: | Решение:

Ответ: _____

Задача 4. Какова частота встречаемости в популяции доминантной и рецессивной аллелей гена, если она состоит из особей с генотипом Сс, количество которых 1) 186; 2) 254; 3) 360; 4) 787?

Дано: | Решение:

Ответ: _____

Задача 5. Красная окраска цветка у гороха доминантна по отношению к белой. Взяты четыре растения гороха красноцветковых гетерозиготных (Aa) и одно тоже красноцветковое гомозиготное (AA). Горох – самоопылитель. Определите соотношение генотипов и фенотипов в F₄, если коэффициент размножения равен 4.

Дано:

Решение:

Ответ:

Дайте ответы на вопросы

1. В чем заключается принцип закона Харди – Вайнберга?

2. Каково практическое значение закона Харди – Вайнберга?

3. Почему популяцию рассматривают как эколого-генетическое единство?

4. В чем основа генетической структуры популяций?

5. Как вы поняли понятие идеальной популяции? _____

6. Каков вклад российских ученых в становление популяционной генетики?

Работу принял _____

(дата, подпись)

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Дать определение генетической структуре популяций.
2. Дать определение генетической динамики популяций.
3. Указать причины, вызывающие нарушения равновесия в популяции.
4. Объяснить, что обозначают символы: A -; AA -; aa -; p -; gA -; pgA -;
 a -; Aa -; g -; pA -; p^2AA -; g^2aa -.

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Задание: решите задачи согласно номеру Вашей зачетной книжки № _____ (см. приложение)

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Работу принял

(дата, подпись)

Номера задач для самостоятельного решения

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5, 24, 44, 52, 73, 93	8, 29, 42, 61, 88, 100	6, 25, 49, 54, 70, 84	14, 22, 39, 69, 90, 96	12, 21, 40, 62, 87, 91	7, 16, 48, 51, 64, 99	1, 20, 43, 53, 68, 86	9, 23, 47, 55, 80, 98	2, 19, 36, 57, 63, 89	4, 22, 49, 60, 67, 85
1	3, 20, 31, 56, 69, 90	19, 34, 43, 51, 70, 91	15, 22, 39, 62, 87, 99	21, 43, 48, 52, 70, 89	14, 23, 42, 64, 82, 100	6, 18, 50, 54, 78, 90	27, 38, 49, 60, 68, 83	10, 28, 48, 63, 87, 96	16, 26, 49, 53, 78, 90	3, 20 47, 59, 70, 86
2	1, 29, 42, 60, 71, 81	8, 33, 40, 54, 61, 82	27, 35, 41, 51, 80, 89	3, 30, 49, 59, 62, 83	5, 34, 45, 52, 63, 86	6, 31, 50, 57, 69, 87	4, 36, 44, 55, 70, 84	7, 32, 48, 53, 64, 88	28, 37, 46, 56, 68, 85	2, 39, 43, 58, 65, 90
3	9, 21, 46, 61, 89, 100	13, 30, 44, 69, 84, 93	10, 28, 42, 63, 86, 98	16, 31, 48, 65, 90, 97	12, 33, 38, 67, 83, 92	18, 24, 49, 60, 72, 88	11, 26, 40, 62, 81, 95	14, 45, 50, 70, 82, 87	17, 25, 41, 51, 73, 83	15, 36, 47, 68, 89, 94
4	2, 29, 41, 59, 80, 92	27, 39, 43, 60, 78, 97	8, 31, 40, 52, 71, 91	4, 30, 42, 54, 79, 100	28, 37, 47, 57, 76, 93	3, 36, 48, 55, 77, 96	5, 33, 45, 51, 72, 98	7, 38, 44, 56, 73, 94	1, 32, 46, 58, 75, 99	6, 37, 50, 53, 74, 85
5	9, 27, 38, 61, 84, 94	6, 11, 35, 70, 87, 92	4, 13, 34, 65, 90, 100	7, 12, 40, 68, 81, 95	2, 16, 41, 69, 89, 98	5, 15, 46, 66, 85, 91	10, 28, 42, 64, 88, 93	3, 14, 43, 62, 83, 95	8, 19, 39, 67, 82, 96	1, 9, 48, 63, 86, 97
6	4, 16, 32, 51, 70, 88	1, 20, 33, 57, 62, 81	5, 21, 35, 59, 69, 82	8, 23, 34, 58, 67, 80	22, 27, 36, 54, 68, 84	28, 30, 49, 52, 63, 85	2, 24, 41, 56, 65, 83	6, 26, 40, 60, 66, 86	7, 25, 45, 53, 64, 87	3, 31, 44, 55, 61, 89
7	6, 28, 40, 71, 87, 91	12, 36, 47, 80, 90, 94	10, 30, 41, 72, 85, 92	13, 34, 44, 79, 82, 93	7, 38, 46, 73, 84, 95	9, 37, 47, 75, 83, 97	15, 31, 45, 76, 86, 96	8, 32, 42, 74, 89, 100	11, 39, 43, 77, 88, 98	14, 35, 45, 78, 84, 99
8	16, 27, 39, 58, 79, 85	19, 29, 41, 52, 71, 90	20, 31, 48, 55, 73, 89	21, 30, 45, 57, 72, 84	28, 48, 49, 51, 77, 85	22, 34, 44, 53, 74, 86	50, 32, 46, 54, 75, 87	3, 35, 50, 59, 78, 90	5, 37, 40, 60, 76, 86	2, 38, 41, 56, 80, 87
9	7, 30, 47, 53, 68, 86	5, 41, 43, 58, 63, 85	1, 29, 45, 56, 62, 83	27, 31, 50, 60, 69, 87	2, 35, 44, 59, 61, 90	4, 32, 49, 51, 65, 82	6, 36, 47, 52, 64, 84	28, 34, 42, 54, 70, 89	3, 38, 48, 55, 67, 88	20, 33, 39, 57, 66, 81

С текстом задач можно ознакомиться с помощью индивидуального логина и пароля в электронной информационной образовательной среде университета на страницах 123-135 практикума по генетике [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по агрономическим направлениям по программе бакалавриата /О. А. Селихова. - Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2015.

СОДЕРЖАНИЕ	стр.
Введение.....	3
Занятие 1: Цитологические основы наследственности.....	5
Занятие 2: Цитологические основы наследственности.....	10
Занятие 3: Цитологические основы наследственности.....	15
Занятие 4: Молекулярные основы наследственности	19
Занятие 5: Аллельное взаимодействие генов.....	26
Занятие 6: Закономерности наследования при неаллельном взаимодействии генов.....	35
Занятия 7: Сцепленное наследование. Картирование хромосом.....	39
Занятия 8: Цитоплазматическая наследственность.....	46
Занятие 9: Изменчивость. Мутации и мутагенные факторы.....	49
Занятие 10: Генетические процессы в популяции.....	58
Самостоятельное решение задач.....	64
Приложение: номера задач для самостоятельного решения.....	67

Учебное издание

ГЕНЕТИКА

Рабочая тетрадь
к лабораторно-практическим занятиям

для подготовки бакалавров
по агрономическим направлениям

В редакции составителя

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.
Подписано к печати 30.03.2017 г. Формат 60×90/8.
Уч.-изд.л. – 3,2. Усл.-п.л. – 9,0.
Тираж 100 экз. Заказ 209.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии
издательства Дальневосточного государственного аграрного университета
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86