**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**

**«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ  
АКАДЕМИЯ»**

**Агрономический факультет**

**Кафедра селекции и генетики**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИТОЛОГИЯ»**

**Для специальности 1-74 02 02**

**«Селекция и семеноводство»**

**Горки**

**БГСХА**

**2017**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**

**«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

**Агрономический факультет**

**Кафедра селекции и генетики**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИТОЛОГИЯ»**

**Для специальности 1-74 02 02**

**«Селекция и семеноводство»**

**Горки**

**БГСХА**

**2017**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**

**«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

**Агрономический факультет**

**Кафедра селекции и генетики**

**СОГЛАСОВАНО** Председатель методической комиссии агрономического факультета \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Н. А. Дуктова «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2017 г.

**СОГЛАСОВАНО** Декан агрономического факультета \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_С. И. Трапков «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИТОЛОГИЯ»**

**Для специальности 1-74 02 02**

**«Селекция и семеноводство»**

**Горки**

**БГСХА**

**2017**

Рекомендован Научно-методическим советом УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (протокол № \_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

Составители:

*Авраменко М.Н.,* доцент кафедры селекции и генетики УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», кандидат сельскохозяйственных наук;

*Витко Г.И*. доцент кафедры селекции и генетики УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», кандидат сельскохозяйственных наук;

*Таранухо, Г.И.,* профессор кафедры селекции и генетики УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», доктор сельскохозяйственных наук;

*Равков Е.В*. заведующий кафедрой селекции и генетики УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», кандидат сельскохозяйственных наук;

*Бушуева В.И*., профессор кафедры селекции и генетики УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», доктор сельскохозяйственных наук

Рецензенты:

Цитология: Учебно-методический комплекс / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. Сост. М.Н. Авраменко, М.Н. Витко, Г.И. Таранухо и др. – Горки, 2016. – с.

© Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2017

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| Предисловие |  |
| 1 ПЕРЕЧЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ К ЗНАНИЯМ И УМЕНИЯМ СПЕЦИАЛИСТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИТОЛОГИЯ» |  |
| 2 УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИТОЛОГИЯ» |  |
| 2.1 Пояснительная записка |  |
| 2.2 Примерный тематический план |  |
| 2.3 Содержание учебной дисциплины |  |
| 2.4 Информационно-методическая часть |  |
| 2.5 Учебно-методическая карта дисциплины |  |
| 3 ПЛАНЫ ЛЕКЦИЙ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  «ЦИТОЛОГИЯ» |  |
| 3.1 Тематический план лекций |  |
| 3.2 Тематический план лабораторных занятий |  |
| 4 Конспект лекций по дисциплине «Цитология» |  |
| *Тема 1. Введение* |  |
| *Тема 2. Методы исследований в цитологии* |  |
| *Тема 3. Строение растительной клетки* |  |
| *Тема 4. Хромосомы* |  |
| *Тема 5. Деление соматических клеток* |  |
| *Тема 6. Деление половых клеток* |  |
| *Тема 7. Микро- и мегаспорогенез. Развитие женского и мужского гаметофита* |  |
| *Тема 8. Опыление, оплодотворение* |  |
| 5 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ  РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИТОЛОГИЯ» |  |
| *Тема 1. Работа с микроскопом и вспомогательными устройствами к нему* |  |
| *Тема 2. Способы подготовки к исследованию и методы изучения клетки* |  |
| *Тема 3. Техника изготовления временных ацетокарминовых препаратов для изучения митоза* |  |
| *Тема 4. Изготовление временных ацетокарминовых препаратов из колеоптиле*  *проросших злаков* |  |
| *Тема 5. Кариотипы сельскохозяйственных культур. Кариограмма и идиограмма.*  *Число хромосом* |  |
| *Тема 6. Изучение структурных изменений хромосом* |  |
| *Тема 7. Приготовление ацетокарминовых препаратов для изучения гигантских*  *хромосом из слюнных желе личинок дрозофилы и хирономуса.* |  |
| *Тема 8. Изготовление временных ацетокарминовых препаратов для изучения мейоза* |  |
| *Тема 9. Изучение различных нарушений мейоза у отдалённых гибридов и*  *амфидиплоидов* |  |
| *Тема 10. Определение фертильности пыльцевых зерен* |  |
| *Тема 11. Определение жизнеспособности пыльцы* |  |
| *Тема 12. Определение реальной и потенциальной продуктивности в ходе онтогенеза* |  |
| *Тема 13. Двойное оплодотворение у покрытосеменных растений* |  |
| 6 ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  «ЦИТОЛОГИЯ» |  |
| 7 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИТОЛОГИЯ» ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ |  |

**ПРЕДИСЛОВИЕ**

С целью интенсификации селекционного процесса все шире используются исследования на клеточном уровне. Цитология – наука изучающая структуру и функции клетки, в которой заложена наследственная информация. Именно цитология является азами генетики и представляет теоретическую основу селекции растений. Изучение строения хромосом, кариотипов, процессов митоза, мейоза и оплодотворения позволяет понять, как осуществляется преемственность свойств и признаков клеток и организмов в ряду поколений. При этом большое внимание уделяется эффективному использованию микроскопической техники, выбору и подготовке цитологических объектов к исследованиям, анализу и методам документации препаратов.

**1 ПЕРЕЧЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ К ЗНАНИЯМ И УМЕНИЯМ   
СПЕЦИАЛИСТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИТОЛОГИЯ»**

В результате изучения дисциплины студент должен ***знать:***

– строение клеток;

– структуру и функции хромосом;

– методы исследования клеточных структур;

– процессы митоза и мейоза, спорогенеза, гаметогенеза и оплодотворения;

− основные принципы работы с микроскопом, особенности установки освещения по Келлеру;

Студент должен ***уметь:***

− зарисовать и измерить объекты с использованием вспомогательных принадлежностей к микроскопу;

− готовить и фиксировать материал;

− выбирать способы приготовления постоянных препаратов;

− выполнять технологические операции по изготовлению временных препаратов для изучения кариотипов культурных растений;

− подсчитывать число хромосом на полупостоянных препаратах основных сельскохозяйственных культур Республики Беларусь;

− определять морфологические различия хромосом и их структурные изменения в результате загрязнения окружающей среды различными мутагенами;

− контролировать качество пыльцы и выполнять расчёты по определению потенциальной и реальной продуктивности растений в ходе онтогенеза;

– приготовить цитологические и эмбриологические препараты.

**2 УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИТОЛОГИЯ»**

**2.1 Пояснительная записка**

**Актуальность изучения учебной дисциплины**

Цитология – это наука о структуре и жизнедеятельности клетки. В настоящее время в селекционных учреждениях Республики Беларусь с целью интенсификации селекционного процесса все шире используются цитологические методы изучения наследственности и изменчивости растений. При этом большое внимание уделяется эффективному использованию микроскопической техники, выбору и подготовке цитологических объектов к исследованиям, анализу и методам документации препаратов.

Учебная программа по дисциплине «Цитология» составлена в соответствии с образовательным стандартом ОСВО 1-74 02 02-2013 «Селекция и семеноводство» и действующим учебным планом по данной специальности. Данная дисциплина относится к вузовскому компоненту цикла общепрофессиональных и специальных дисциплин.

**Цели и задачи учебной дисциплины**

Цель изучения дисциплины – получение знаний о строении клеток организмов, структуре и функциях хромосом, методах исследования клеточных структур и основных кариотипов сельскохозяйственных растений, процессах митоза и мейоза, спорогенеза, гаметогенеза и оплодотворения, а также приобретение навыков приготовления цитологических и эмбриологических препаратов.

Задача курса «Цитология» − подготовить высококвалифицированных специалистов по селекции и семеноводству. Содержание курса определяется задачами смежных дисциплин: генетики, селекции и семеноводства.

В результате изучения дисциплины студент должен иметь представление:

– об истории и современных постулатах клеточной теории;

– о цитологических исследованиях и работе с цитологическим оборудованием;

– об организации и принципах функционирования клеточного ядра и других структурах клетки.

Студент должен ***знать****:*

− основные принципы работы с микроскопом, особенности установки освещения по Келлеру;

− основные фиксаторы, красители и их назначение.

Студент должен ***уметь:***

− зарисовать и измерить объекты с использованием вспомогательных принадлежностей к микроскопу;

− готовить и фиксировать материал;

− выбирать способы приготовления постоянных препаратов;

− выполнять технологические операции по изготовлению временных препаратов для изучения кариотипов культурных растений;

− подсчитывать число хромосом на полупостоянных препаратах основных сельскохозяйственных культур Республики Беларусь;

− определять морфологические различия хромосом и их структурные изменения в результате загрязнения окружающей среды различными мутагенами;

− контролировать качество пыльцы и выполнять расчёты по определению потенциальной и реальной продуктивности растений в ходе онтогенеза.

Углубленное изучение отдельных разделов программы рекомендуется проводить в процессе научно-исследовательской работы студентов.

**Требования к уровню освоения содержания учебной дисциплины**

В результате изучения дисциплины студент должен закрепить и развивать следующие академические (АК), социально-личностные (СЛК) и профессиональные (ПК) компетенции, предусмотренные образовательным стандартом ОСВО 1-74 02 02-2013 «Селекция и семеноводство».

АК-1. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-2. Уметь работать самостоятельно.

АК-3. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-4. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

СЛК-1. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-2. Владеть навыками здоровье сбережения.

СЛК-3. Уметь работать в команде.

ПК-1. Использовать информационные, компьютерные технологии.

ПК-2. Совершенствовать профессиональные знания в области агрономии, используя современные информационные технологии.

ПК-3. Планировать и проводить основные этапы научных исследований на базе подразделения или предприятия.

ПК-4. Организовать работу по подготовке научных статей, сообщений, выступлений в печати и лично участвовать в них.

ПК-5. Проводить мониторинг эффективности исследовательских решений.

ПК-6. Анализировать и определять направления развития селекционно-семеноводческих отраслей.

ПК-7. Совершенствовать и применять современные методы селекции, семеноводства, биотехнологии и генетики в селекционно-семеноводческом процессах.

ПК-8. Организовывать работу коллектива для достижения поставленных целей.

ПК-9. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

ПК-10. Анализировать и совершенствовать полученные данные.

ПК-11. Вести переговоры, разрабатывать контакты с другими заинтересованными участниками.

ПК-12. Уметь работать с нормативной и юридической литературой и трудовым законодательствам.

ПК-13. Проводить опытно-технологические работы при освоении новых технологий, опытно промышленную проверку разработанных наукоемких решений, оформлять документацию о результатах опытно-технологических работ.

ПК-14. Составлять договоры на выполнение опытно-конструктивных услуг, о совместной деятельности по освоению новых технологий.

**Структура содержания учебной дисциплины**

Содержание учебной дисциплины представлено в виде тем, которые характеризуются относительно самостоятельными укрупненными дидактическими единицами содержания обучения. Содержание тем связанно с естественнонаучными и общепрофессиональными дисциплинами: генетика, селекция, ботаника, биохимия растений, растениеводство.

Учебная дисциплина «Цитология» относится к числу естественнонаучных дисциплин специальности 1-74 02 02 «Селекция и семеноводство». Согласно учебному плану на изучение дисциплины отводится всего 128 часов, в том числе аудиторных 68 часов, из них 16 часов лекций и 52 часа лабораторных занятий.

**2.2 Примерный тематический план**

Примерный тематический план аудиторных занятий по учебной дисциплине «Цитология» представлена в таблице 1.

Таблица 1. Примерный тематический план аудиторных занятий

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название разделов и тем | Всего аудиторных часов | В том числе | | Перечень формируемых компетенций | |
| лекции | лабораторные |
| Введение | 1 | 1 | – | АК-1  АК-2  АК-3  АК-4  СЛК-1  СЛК-2  СЛК-3  ПК-1  ПК-2  ПК-3  ПК-4 | ПК-5  ПК-6  ПК-7  ПК-8  ПК-9  ПК-10  ПК-11  ПК-12  ПК-13  ПК-14 |
| Методы исследований | 9 | 1 | 8 |
| Строение растительной клетки | 9 | 3 | 6 |
| Хромосомы | 14 | 2 | 12 |
| Деление соматических клеток | 8 | 2 | 6 |
| Деление половых клеток | 8 | 2 | 6 |
| Микро- и мегаспорогенез. Развитие женского и мужского гаметофита | 10 | 2 | 8 |
| Двойное оплодотворение. Эндоспермогенез и эмбриогенез. Органогенез. | 9 | 3 | 6 |
| Итого | 68 | 16 | 52 |  |  |

**2.3 Содержание учебной дисциплины**

**Введение**

Предмет и задачи цитологии. История формирования представлений о клетке. Клеточная теория, её суть и значение. Современное понятие о клетке. Достижения цитологии, связь цитологии с генетикой, селекцией, физиологией и биотехнологией. Значение достижений цитологии в развитии современных методов генетики, селекции, физиологии и биотехнологии в решении продовольственных и др. задач.

**Методы исследований**

Прижизненные наблюдения. Использование временных и постоянных препаратов фиксированных клеток. Методы исследований на клеточном уровне. Электронная микроскопия. Принцип работы и устройство электронного микроскопа.

Световая микроскопия. Устройство светового микроскопа и принцип работы. Типы биологических микроскопов. Основные характеристики микроскопа. Типы объективов, их возможные аберрации. Полезное увеличение микроскопа. Типы и выбор окуляров.

Принадлежности к микроскопу, необходимые для биологических исследований. Установка освещения в соответствии с принципом Келлера.

Фазово-контрастная, интерференционная, поляризационная микроскопия. Метод темного поля. Люминесцентная микроскопия.

Подготовка материала для исследования в световом микроскопе.

Общая последовательность приготовления временных и постоянных препаратов. Выбор материала и его подготовка к фиксации. Фиксаторы. Требования к фиксаторам. Хранение зафиксированного материала. Сущность окраски и красители. Требования к красителям. Методы окрашивания.

Перевод временных препаратов в постоянные с использованием жидкого азота, сухого льда и др. Заключение препаратов в канадский бальзам.

**Строение растительной клетки**

Клетка как основная единица строения организмов. Сходство и отличие клеток различных организмов по строению, химическому составу и характеру химических реакций. Формы и размеры клеток. Общий план микроскопической организации клеток.

Оболочка клетки. Клеточная стенка. Первичная и вторичная оболочка их строение и функции. Плазмодесмы.

Цитоплазма, её строение и функции. Гиалоплазма. Плазмолемма, её химический состав, строение и функции. Эктоплазма и микротрубочки. Органоиды клетки. Эндоплазматическая сеть и рибосомы. Аппарат Гольджи. Лизосомы. Сферосомы. Пероксисомы и глиоксисомы. Митохондрии. Типы пластид. Строение и функции клеточных органоидов. Запасные питательные вещества клетки. Физиологически активные вещества клетки. Система вакуолей. Явление плазмолиза и тургора.

Ядро, его структура, химический состав и функции. Ядерная мембрана. Ядрышки. Ядерный сок (кариоплазма). Хроматин интерфазного ядра. Зоны диффузного и конденсированного хроматина. Химический состав хроматина. Структурная организация хроматина. Ведущая роль ядра в явлении наследственности. Взаимодействие ядра и цитоплазмы в ходе реализации наследственной информации. Изменение клетки в ходе онтогенеза.

**Хромосомы**

Структура, биохимический состав и функции хромосом. Форма хромосом в зависимости от расположения цетромеры. Кинетохор. Хроматиды и хромомеры. Структурная организация хроматина. Нуклеосомы. Интерфазные и митотические хромосомы. Изменение хромосом в клеточном цикле. Метафазные хромосомы и их классификация. Центромеры. Вторичные перетяжки хромосом. Гомологичные и гомеологичные хромосомы.

Кариотип и идиограмма. Методы описания морфологии хромосом и системы их обозначения при составлении характеристики кариотипов основных сельскохозяйственных культур Беларуси. Набор хромосом: гаплоидный, диплоидный и т. д.

Основные морфологические параметры хромосом. Плечевой индекс, центромерный индекс, относительная длина хромосомы, индекс спирализации.

Политенные хромосомы. Процесс образования политенных хромосом. Размер и форма политенных хромосом. Эухроматиновый участок. Гетерохроматин. Пуфы.

Процессы редупликации, рекомбинации и дифференцировки в хромосомах.

Структурные изменения хромосом (аберрации). Нарушение строения хромосом под действием мутагенов и других факторов. Радиационная чувствительность сельскохозяйственных растений по периодам онтогенеза.

Типы хромосомных перестроек для селекции.

Методы подсчёта хромосомных аберраций: анафазный и метафазный; их применимость к сельскохозяйственным объектам.

**Деление соматической клетки**

Деление клетки как основа размножения организма. Митотический цикл и его периоды. Интерфаза и ее периоды. Фазы митоза (профаза, метафаза, анафаза, телофаза) и их характеристика. Изменение активности и морфологии хромосом в митотическом цикле. Митотический аппарат.

Цитокинез. Генетический контроль за митозом. Митотическая активность и митотический индекс. Суточные ритмы митоза. Амитоз. Эндомитоз.

Нарушение нормального хода митоза. Повреждение клеточных центров, задержка митоза в метафазе, возникновение ядер с различным числом хромосом и другие. Понятие о полиплоидах и основном числе хромосом.

Механизм возникновения полиплоидов. Автополиплоиды. Аллополиплоиды. Анеуплоиды. Гаплоиды. Полиплоидные ряды в природе.

**Деление половых клеток**

Мейоз как основа полового размножения. Чередование поколений у растений. Диплофаза и гаплофаза. Типы мейоза: гаметный, зиготный и споровый. Спорогенные ткани. Первое и второе деление мейоза. Фазы первого (редукционного) деления мейоза. Профаза I и её подразделение на стадии: лептонема, синапсис, зигонема, пахинема, диплонема, диакинез. Конъюгация гомологичных хромосом и образование бивалентов. Понятие о кроссинговере и хиазмах. Синаптонемальный комплекс и его функции. Метафаза I. Анафаза I. Телофаза I. Интеркинез. Фазы второго деления. Профаза II. Метафаза II. Анафаза II. Телофаза II. Образование тетрад. Генетическое значение мейоза.

Мейоз у отдалённых гибридов растений. Образование унивалентов и мультивалентов. Нарушение хода мейоза: отставание отдельных хромосом, совмещение первого и второго делений, асинхронность, образование микроядер, возникновение триад, пентад и т.д. Мейоз у автополиплоидов и амфидиплоидов.

**Микро- и мегаспорогенез. Развитие женского и мужского гаметофита**

Общая характеристика развития пыльника. Заложение тычиночных бугорков. Спорогенная ткань и её особенности. Тапетум и его роль. Секреторный и железистый тапетум. Ход мейоза в микроспороцитах. Типы образования тетрад микроспор. Расположение микроспор в тетраде. Формирование экзины и интины.

Микрогаметогенез. Образование вегетативной и генеративной клеток. Спермиогенез. Характерные черты пыльцевых зерен различных сельскохозяйственных культур. Мужская стерильность у растений.

Определение фертильности и стерильности пыльцы ацетокарминовым и йодным методами. Жизнеспособность пыльцы. Методы определения жизнеспособности пыльцы (в камерах Ван-Тигема, по Д.А. Транковскому, В.С. Шерданову и др.). Способы хранения пыльцы.

Строение пестика (гинецея). Формирование семяпочек. Заложение бугорков семяпочек и их развитие. Однопокровные и двупокровные семяпочки. Типы семяпочек. Образование женского археспория. Мейоз мегаспороцита и образование тетрады мегаспор. Расположение мегаспор в тетрадах.

Развитие женского гаметофита (зародышевого мешка). Различные типы зародышевых мешков у разных видов растений (моноспорические, биспорические, тетраспорические). Плоидность компонентов зародышевого мешка. Антиподы. Варьирование числа антипод у различных видов растений. Гигантские хромосомы в антиподах. Стерильность семяпочек.

**Опыление и оплодотворение**

Оплодотворение как процесс, обеспечивающий восстановление диплоидного набора хромосом и объединение наследственной информации родительских форм. Фазы оплодотворения у растений: прогамная и гаметогенез. Нанесение пыльцевых зерен на рыльце пестика. Прорастание пыльцевых зерен. Формирование пыльцевой трубки. Типы проникновения пыльцевых трубок в завязь: порогамия, холозогамия, мезогамия. Открытие двойного оплодотворения у растений С.Г. Навашиным. Зигота. Типы образования зиготы: премитотический, промежуточный, постмитотический. Продолжительность периода от опыления до оплодотворения.

Эндоспермогенез и уровни плоидности эндосперма. Типы развития эндосперма на первых этапах: нуклеарный (ядерный), целлюярный (клеточный), базальный (промежуточный). Образование гаусториев и их роль в передаче пластических веществ. Отличие эндосперма от перисперма. Ксении.

Эмбриогенез. Первое деление зиготы. Образование подвеска и проэмбрио. Этапы развития зародыша. Семя и плод. Полиэмбриония и партенокарпия.

Особенности строения зародышей у однодольных и двудольных растений. Расположение зародышей по отношению к питательной ткани семени (эндосперм, перисперм). Нарушение в развитии зародыша и эндосперма при отдалённой гибридизации. Культивирование зародышей на искусственной среде.

Апомиксис – развитие зародыша без оплодотворения. Стимулятивный и автономный апомиксис. Партеногенез – образование зародыша из неоплодотворенной яйцеклетки. Редуцированные и нередуцированные партоногенез и апогамия. Адвентивная эмбриония и апоспория. Практическое значение апомиксиса в генетике и селекции покрытосеменных растений. Полиэмбриония. Ложная и истинная полиэмбриония.

**2.4 Информационно-методическая часть**

**Примерный перечень лабораторных занятий**

1. Работа с микроскопом и вспомогательными устройствами к нему.

2. Способы подготовки к исследованию и методы изучения клетки.

3. Строение растительной клетки.

4. Техника изготовления временных ацетокарминовых препаратов для изучения митоза.

5. Изготовление временных ацетокарминовых препаратов из колеоптиле проросших злаков.

6. Кариотипы сельскохозяйственных культур. Кариограмма и идиограмма. Число хромосом.

7. Изучение структурных изменений хромосом.

8. Приготовление ацетокарминовых препаратов для изучения гигантских хромосом из слюнных желе личинок дрозофилы и хирономуса.

9. Изготовление временных ацетокарминовых препаратов для изучения мейоза.

10. Изучение различных нарушений мейоза у отдалённых гибридов и амфидиплоидов.

11. Определение фертильности пыльцевых зерен.

12. Определение жизнеспособности пыльцы.

13. Определение реальной и потенциальной продуктивности в ходе онтогенеза.

14. Двойное оплодотворение у покрытосеменных растений.

**Литература**

**Основная**

1. Атабекова, А.И. Цитология растений /А. И. Атабекова, Е. И. Устинова. – М.: Агропромиздат, 1987, – 246 с.

2. Паушева, З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.

3. Петрова, Н. Н. Цитология: метод. указания / Н.Н. Петрова, В. А. Двойнишников. – Горки: БГСХА. 2005. – 24 с.

4. Латыпов, А. З. Основы цитологии и цитологические методы: учеб. пособие / А. З. Латыпов, Г. И. Таранухо. – Горки, 1969. – 142 с.

**Дополнительная**

1. Кабаян, Н. В. Биология клетки. Модуль 1 дисциплины Общая биология: учеб. пособие / Н. В. Кабаян, О. С. Кабаян. – Майкоп: Адыгейский госуниверситет, 2011. – 51 с.

2. Лукашевич, Н. П. Кормопроизводство с основами ботаники: учеб. пособие / Н.П. Лукашевич [и др.] под ред. Н. П. Разумовского. – Витебск: ВГАВМ, 2009. – 71 с.

3. Определение числа хромосом и описание их морфологии в меристеме и пыльцевых зернах культурных растений: метод. указания; сост. Л.И. Абрамова. – Л.: ВИР, 1988. – 62 с.

4. Чухлебова, Н. С. Ботаника (цитология, гистология, анатомия): учеб. пособие / Н. С. Чухлебова, Л. М. Бугинова, Н.В. Ледовская. – М.: Колос, 2007. – 148 с.

5. Свенсон, К. Клетка. / К. Свенсон, П. Уэбстер. – М.: Мир, 1980. – 304 с.

6. Ченцов, Ю.С. Общая цитология. / Ю.С. Ченцов. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 350 с.

7. Абрамова, Л.И. Цитологическая и цитоэмбриологическая техника (для исследования культурных растений). / Л.И. Абрамова [и др.]. – Л.: ВИР, 2001

8. Смирнов, В.Г. Цитология. / В.Г. Смирнов. – М.: Наука, 1991. – 240 с.

**ТСО, плакаты, наглядный материал**

1. Установка мультимедиа.

2. Плакаты с изображением наглядного материала.

3. Схемы.

4. Постоянные микропрепараты.

5. Наборы оборудования и реактивов для изготовления временных и полупостоянных препаратов.

6. Методические указания.

**Методы (технологии) обучения**

Основными методами обучения, отвечающим целям изучения учебной дисциплины являются:

1. Научный метод – это совокупность приёмов и операций, используемых при построении системы научных знаний (наблюдение и описание, сравнение, исторический, экспериментальный – моделирование);

2. Монологический (четко и конкретно объясняется задание, предоставленное студентам);

3. Диалоговый (обсуждаются вопросы, как в индивидуальном порядке, так и со всей группой, группа вводилась в дискуссию между собой и с преподавателем);

4. Наглядный (студентам предоставляется наглядный материал, который необходимо использовать при проведении лабораторных исследований);

5. Практический (самостоятельной работа способствует реализации творческого подхода в учебно-исследовательской деятельности).

**Организация самостоятельной работы студентов**

При изучении учебной дисциплины организованы такие формы самостоятельной работы как:

* самостоятельная работа при выполнении индивидуальных лабораторных заданий в оборудованной лаборатории вовремя проведения занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
* самостоятельная работа студентов при отработке пропущенных занятий, а также при проведении научных исследований с консультацией преподавателя или руководителя по научно-исследовательской теме.

**2.5 Учебно-методическая карта дисциплины**

**Таблица 2. Лекции**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Название и содержание темы | Кол-во часов | Учебно-методические материалы |
| 1 | **2** | 3 | 4 |
| 1 | **Введение.**  Предмет и задачи изучения дисциплины. Основные этапы развития цитологии. Клеточная теория и её суть. Связь цитологии с другими науками. | 1 | Л.: 1, 2 (осн.); 6, 7 (доп.) |
| 1 | **Методы исследований.**  Классификация методов исследований. Оптические методы. Прижизненное изучение клеток. Цитофизические методы. Исследование ультраструктуры клеток. Цито- и гистохимические методы. Фракционирование клеток. | 1 | Табл. Цитохимические реакции в клетках.  Оборудование: Микроскопы  Л.: 1, 2, 3, 4 (осн.); 4, 6, 7 (доп.) |
| 2 | **Строение растительной клетки.** Отличительные особенности растительной клетки, ее строение, размер и форма. Клеточная оболочка, ее строение, состав, функции. Цитоплазма и органоиды клетки их строение и функции. | 3 | Табл. Характерные признаки прокариотических и эукариотических клеток.  Тал. Строение животной и растительной клетки.  Табл. Различные формы клеток.  Табл. Схема строения клетки.  Рис. Строение растительной клетки.  Рис. Строение органелл клетки (пластиды, митохондрии аппарат Гольджи, эндоплазматическая сеть, ядро).  Лит. 1, 2, 3 (осн.); 1, 4, 5, 6, 8 (доп.). |
| 3 | **Хромосомы.** Морфология метафазной хромосомы. Гетеро- и эухроматиновые участки ДНК. Биохимический состав хромосом. Структурная организация хроматина. Политенные хромосомы и их характеристика. Нарушения структуры хромосом. Функции хромосом. | 2 | Табл. Уровни спирализации хромосом.  Табл. Типы хромосом.  Табл. Схема спирализации хромосом в митотическом цикле.  Табл. Формы хромосом на стадии метафазы.  Табл. Хромосомы разной формы и величины.  Рис. Строение метафазных хромосом.  Рис. Типы хромосом.  Лит.:1, 2, 3, 4 (осн.); 3 (доп.). |

Продолжение таблицы 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | **2** | 3 | 4 |
| 4 | **Деление соматической клетки.** Понятие о митозе, митотический цикл. Фазы митоза и их характеристика. Цитокинез. Нарушения митоза. Амитоз. Эндомитоз. | 2 | Табл. Схема митоза.  Табл. Амитоза.  Табл. Митотическая система клетки.  Рис. Митотический цикл.  Рис. Амитоз.  Рис. Эндомитоз.  Лит. 1, 2 (осн.); 1, 3 (доп.) |
| 5 | **Деление половых клеток**. Понятие о мейозе и его типах. Мейотический цикл. Нарушение мейоза. Мейоз у автополиплоидов и амфидиплоидов. Биологическое значение мейоза и его отличия от митоза. | 2 | Табл. Схема мейоза.  Табл. Генетический контроль мейоза.  Рис. Гаметный тип мейоза.  Рис. Различные варианты кроссинговера.  Рис. Типы развития тетрад микроспор у растений.  Лит. 1, 2 (осн.); 1, 3, 5 (доп.). |
| 6 | **Микро- и мегаспорогенез.** **Развитие женского и мужского гаметофита.** Микроспорогенез. Развитие пыльцевого зерна. Гаметогенез. Мегаспорогенез. Развитие зародышевого мешка. Различные типы зародышевых мешков у различных растений. | 2 | Табл. Типы зародышевых мешков у покрытосеменных.  Табл. Развитие зародыша однодольного растения.  Табл. Развитие зародыша двудольного растения.  Табл. Жизненный цикл и образование гамет у растений.  Табл. Гаметогенез.  Рис. Строение тычинок.  Рис. Онтогенез пыльника.  Рис. Типы образования тетрад микроспор.  Рис. Типы расположения микроспор.  Рис. Основные типы семязачатков.  Рис. Строение семязачатка.  Лит. 1, 2, 4 (осн.). |
| 7 | **Опыление. Оплодотворение**. Опыление. Оплодотворение. Полиэмбриония и партенокарпия. Ксений. Апомиксис и его типы. Органогенез. | 3 | Табл. Схема слияния ядер при оплодотворении.  Табл. Схема процесса оплодотворения у цветковых растений.  Лит. 1,2 (осн.) |
| итого |  | 16 |  |

**Таблица 3. Лабораторные занятия**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Название и содержание темы | Кол-во часов | Учебно-методические материалы | Форма отчетности и контроля знаний |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | **Методы исследований.** Устройство светового микроскопа. Основные характеристики микроскопов (разрешающая способность, апертура, фокусное расстояние и увеличение, общее увеличение). Виды аберрации и способы их исправления. Вспомогательное устройства к микроскопу и их назначение. Работа с микроскопом и вспомогательными устройствами. Установка освещения. Способы подготовки к исследованию и методы изучения клетки.  Контрольная работа по теме «Методы исследований» | 8 | Микроскоп и вспомогательные приборы к нему.  Постоянные микропрепараты.  Рис. Мутации дрозофилы.  Рис. Схема микроскопа и осветительной системы.  Табл. Цитохимические реакции в клетках животных и растений.  Тестовые задания.  Л.: 1, 2, 3, 4 (осн.); 4, 6, 7 (доп.) | Контрольная работа.  Решение задач. |
| 2 | **Строение растительной клетки.** Изготовление временных препаратов для изучения строения растительной клетки. Пластиды. Запасные питательные вещества. Движение цитоплазмы. Тургор. Плазмолиз. Контрольная работа по теме «Строение растительной клетки». | 6 | Лабораторное оборудование.  Химические реактивы (йодный раствор)  Живой материал (плоды шиповника, рябины, семена бобовых, луковица лука, листочки элодеи и др.),  Табл. Схема строения клетки.  Рис. Строение растительной клетки.  Рис. Пластиды (хлоропласты, хромопласты, лейкопласты).  Рис. Явления тургора и плазмолиза в растительной клетке.  Лит. 1, 2, 3 (осн.); 1, 4, 5, 6, 8 (доп.). | Устный опрос Контрольная работа. |
| 3 | **Хромосомы.** Кариотип.Кариограмма и идиограмма. Число хромосом. Строение хромосом. Типы хромосом. Структурные изменения хромосом. Политенные хромосомы и их характеристика. Гетеро- и эухроматиновые участки ДНК.  Контрольная работа по теме «Хромосомы». | 12 | Фотографии метафазных хромосом. канцелярские принадлежности, лабораторное оборудование, временные и постоянные препараты хромосом.  Табл. Типы хромосом.  Табл. Схема спирализации хромосом в митотическом цикле.  Табл. Формы хромосом на стадии метафазы.  Рис. Схема строения хромосом.  Рис. Типы метафазных хромосом.  Рис. Кариограмма, идиограмма хромосом.  Лит.:1, 2, 3, 4 (осн.); 3 (доп.). | Устный опрос.  Контрольная работа. |

Продолжение таблицы 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4 | **Деление соматической клетки.** Техника изготовления временных препаратов для изучения митоза. Митотический цикл. Фазы митоза и их характеристика. Цитокинез. Нарушения митоза. Амитоз. Эндомитоз.  Контрольная работа по теме «Деление соматической клетки». | 6 | Постоянные препараты и фиксированный материал (корешки лука).  Лабораторное оборудование.  Химреактивы.  Табл. Схема митоза.  Табл. Митотическая система клетки.  Рис. Митотический цикл.  Рис. Фазы митоза.  Лит. 1, 2 (осн.); 1, 3 (доп.) | Устный опрос.  Контрольная работа. |
| 5 | **Деление половых клеток**. Методика изготовления препаратов для изучения мейоза. Понятие о мейозе и его типах. Мейотический цикл. Нарушение мейоза. Мейоз у автополиплоидов и амфидиплоидов.  Контрольная работа по теме «Деление половых клеток». | 6 | Фиксированный материал (колосья пшеницы).  Лабораторное оборудование.  Химреактивы.  Табл. Схема мейоза.  Рис. Мейотический цикл.  Рис. Фазы мейоза.  Лит. 1, 2 (осн.); 1, 3, 5 (доп.) | Устный опрос.  Контрольная работа. |
| 6 | **Микро- и мегаспорогенез.** **Развитие женского и мужского гаметофита.** Фертильность пыльцы. Жизнеспособность пыльцы. Микроспорогенез. Развитие пыльцевого зерна. Гаметогенез. Мегаспорогенез. Развитие зародышевого мешка. Различные типы зародышевых мешков у различных растений.  Контрольная работа по теме «Микро- и мегаспорогенез. Развитие женского и мужского гаметофита». | 8 | Живой (зрелые пыльники растений), фиксированный материал (соцветия зерновых со зрелой пыльцой). Постоянные микропрепараты.  Лабораторное оборудование.  Химреактивы.  Табл. Схема мегаспорогенеза и макроспорогенеза.  Табл. Гаметогенез.  Рис. Форма пыльцевых зерен.  Рис. Строение пыльцы.  Рис. Пыльцевые зерна после окраски ацетокармином и йодом.  Рис. Камера Ван-Тигема  Рис. Проросшая пыльца.  Рис. Развитие мужского и женского гаметофитов у покрытосеменных растений  Лит. 1, 2, 4 (осн.). | Устный опрос.  Контрольная работа. |

Продолжение таблицы 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7 | **Двойное оплодотворение. Эндоспермогенез и эмбриогенез. Органогенез.** Опыление. Оплодотворение. Двойное оплодотворение.  Контрольная работа по теме «Двойное оплодотворение». | 6 | Лабораторное оборудование. Постоянные микропрепараты.  Фиксированный материал (зачаточные колоски зерновых культур).  Зрелые колосья зерновых культур.  Табл. Схема слияния ядер при оплодотворении.  Табл. Схема процесса оплодотворения у цветковых растений.  Рис. Двойное оплодотворение у пшеницы.  Рис. Схема модели формирования продуктивности колосков.  Лит. 1,2 (осн.) | Устный опрос.  Контрольная работа. |
| 8 | **Итого** | 52 |  |  |

**3. ПЛАНЫ ЛЕКЦИЙ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИТОЛОГИЯ»**

**3.1 Тематический план лекций**

Таблица 4. Тематический план лекций

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Название и содержание темы | Кол-во часов |
| 1 | **Введение.**  Предмет и задачи изучения дисциплины. Основные этапы развития цитологии. Клеточная теория и её суть. Связь цитологии с другими науками. | 1 |
| 1 | **Методы исследований.**  Классификация методов исследований. Оптические методы. Прижизненное изучение клеток. Цитофизические методы. Исследование ультраструктуры клеток. Цито- и гистохимические методы. Фракционирование клеток. | 1 |
| 2 | **Строение растительной клетки.** Отличительные особенности растительной клетки, ее строение, размер и форма. Клеточная оболочка, ее строение, состав, функции. Цитоплазма и органоиды клетки их строение и функции. | 3 |
| 3 | **Хромосомы.** Морфология метафазной хромосомы. Гетеро- и эухроматиновые участки ДНК. Биохимический состав хромосом. Структурная организация хроматина. Политенные хромосомы и их характеристика. Нарушения структуры хромосом Функции хромосом | 2 |
| 4 | **Деление соматической клетки.** Понятие о митозе, митотический цикл. Фазы митоза и их характеристика. Цитокинез. Нарушения митоза. Амитоз. Эндомитоз. | 2 |
| 5 | **Деление половых клеток**. Понятие о мейозе и его типах. Мейотический цикл. Нарушение мейоза. Мейоз у автополиплоидов и амфидиплоидов. Биологическое значение мейоза и его отличия от митоза. | 2 |
| 6 | **Микро- и мегаспорогенез.** **Развитие женского и мужского гаметофита.** Микроспорогенез. Развитие пыльцевого зерна. Гаметогенез. Мегаспорогенез. Развитие зародышевого мешка. Различные типы зародышевых мешков у различных растений. | 2 |
| 7 | **Опыление. Оплодотворение**. Опыление. Оплодотворение. Полиэмбриония и партенокарпия. Ксений. Апомиксис и его типы. Органогенез. | 3 |
| итого | | 16 |

**3.2 Тематический план лабораторных занятий**

Таблица 5. Тематический план лабораторных занятий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Название и содержание темы | Кол-во часов |
| 1 | **Методы исследований.** Устройство светового микроскопа. Основные характеристики микроскопов (разрешающая способность, апертура, фокусное расстояние и увеличение, общее увеличение). Виды аберрации и способы их исправления. Вспомогательное устройства к микроскопу и их назначение. Работа с микроскопом и вспомогательными устройствами. Установка освещения. Способы подготовки к исследованию и методы изучения клетки.  Контрольная работа по теме «Методы исследований» | 8 |
| 2 | **Строение растительной клетки.** Изготовление временных препаратов для изучения строения растительной клетки. Пластиды. Запасные питательные вещества. Движение цитоплазмы. Тургор. Плазмолиз. Контрольная работа по теме «Строение растительной клетки». | 6 |
| 3 | **Хромосомы.** Кариотип.Кариограмма и идиограмма. Число хромосом. Строение хромосом. Типы хромосом. Структурные изменения хромосом. Политенные хромосомы и их характеристика. Гетеро- и эухроматиновые участки ДНК.  Контрольная работа по теме «Структура хромосом и их функции». | 12 |
| 4 | **Деление соматической клетки.** Техника изготовления временных препаратов для изучения митоза. Митотический цикл. Фазы митоза и их характеристика. Цитокинез. Нарушения митоза. Амитоз. Эндомитоз.  Контрольная работа по теме «Деление соматической клетки». | 6 |
| 5 | **Деление половых клеток**. Методика изготовления препаратов для изучения мейоза. Понятие о мейозе и его типах. Мейотический цикл. Нарушение мейоза. Мейоз у автополиплоидов и амфидиплоидов.  Контрольная работа по теме «Деление половых клеток». | 6 |
| 6 | **Микро- и мегаспорогенез.** **Развитие женского и мужского гаметофита.** Фертильность пыльцы. Жизнеспособность пыльцы. Микроспорогенез. Развитие пыльцевого зерна. Гаметогенез. Мегаспорогенез. Развитие зародышевого мешка. Различные типы зародышевых мешков у различных растений.  Контрольная работа по теме «Микро- и мегаспорогенез. Развитие женского и мужского гаметофита». | 8 |
| 7 | **Двойное оплодотворение. Эндоспермогенез и эмбриогенез. Органогенез.** Опыление. Оплодотворение. Двойное оплодотворение.  Контрольная работа по теме «Двойное оплодотворение». | 6 |
| 8 | **Итого** | 52 |

**4. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИТОЛОГИЯ»**

**Тема: Введение**

**1. Предмет и задачи цитологии**

**Цитология** (от греческого слова kitos – полость, ячейка, клетка) – наука о строении, развитии и жизнедеятельности клетки.

**Клетка** – основная форма организации живой материи, элементарная единица организма. Клеткам свойственны следующие признаки живого: определенная структурная организация, обмен веществ, постоянное самообновление и самовоспроизведение, раздражимость и возбудимость, наследственность, движение.

Цель изучения дисциплины: изучить структурные, функциональные и генетические особенности клетки всех организмов.

В **задачи** цитологии входит изучение строения и функционирования клеток, их химического состава, функций отдельных клеточных компонентов, познание процессов воспроизведения клеток, приспособления к условиям окружающей среды, исследование особенностей строения специализированных клеток, этапов становления их особых функций, развитие специфических клеточных структур и др. Для решения этих задач в цитологии используются различные методы.

**2. Основные этапы развития цитологии**

В цитологии можно выделить четыре этапа развития. Первый этап – Зарождение понятий о клетке.

Открытие клетки и клеточного строения организмов связано с изобретением светового микроскопа братьями Янсен в 1590 г.

В 1665 г. была открыта клетка физиком Робертом Гуком, который рассматривал тонкие срезы пробки и обнаружил, что она состоит из мелких замкнутых полостей, которые назвал клетками.

В 1671–1679 гг. итальянец Марчелло Мальпиги дал первое систематическое описание микроструктуры органов растений, положившее начало анатомии растений.

В 1671–1682 гг. англичанин Неемия Грю также очень подробно описал микроструктуры растений; ввел термин «ткань» для обозначения понятия совокупности «пузырьков», или «мешочков».

Оба эти исследователя одновременно и независимо друг от друга подтвердили наблюдения Гука на растениях и дали изумительные по точности описания и рисунки различных растительных тканей, опубликованных в трактатах «Обзор анатомии растений» (Мальпиги) и «Началом анатомии растений» (Грю).

1632–1725 гг. голландец Антонии ван Левенгук впервые увидел одноклеточные организмы (инфузории, бактерии) и клетки животных (эритроциты и сперматозоиды).

В 17 веке представления о клетке были примитивными, и клетка рассматривалась как структурная единица. Сам термин клетка – полость, не совсем удачен, так как она представляла собой пустоту, хотя Роберт Гук обращал внимание на содержимое клетки, назвав ее «питательным соком».

Второй этап – Возникновение клеточной теории.

Благодаря трудам немецких учёных Г. Линка, Я. Мольденхавера, Ф. Мейена, Х. Моля, французских учёных Ш. Мирбеля, П. Тюрпена и др. в ботанике утвердился взгляд на клетки как на структурные единицы. Было обнаружено превращение клеток в проводящие элементы растений. Стали известны низшие одноклеточные растения. На клетки начали смотреть как на индивидуумы, обладающие жизненными свойствами. В 1835 Моль впервые наблюдал деление растительных клеток. Исследования французских учёных А. Мильн-Эдвардса, А. Дютроше, Ф. Распая, чешского учёного Я. Пуркине и др. к середине 30-х гг. дали большой материал по микроскопическим структурам животных тканей. Многие исследователи наблюдали клеточное строение различных органов животных, а некоторые проводили аналогию между элементарными структурами животных и растительных организмов, подготовляя тем самым почву для создания общебиологической клеточной теории.

В 1831 г. Роберт Броун при изучении клеток эпидермиса орхидных впервые дает подробное описание ядра, как важного и обязательного компонента клетки.

В 1838– 1839 гг. ботаник М.Я. Щлейден и зоолог Т. Шванн, объединив идеи разных ученых и свои наблюдения, сформировали клеточную теорию, согласно которой основной единицей структуры и функции живых организмов является клетка.

Третий этап – Развитие клеточной теории.

Создание клеточной теории явилось сильнейшим стимулом к изучению клетки как основы всего живого.

В 1840 г. чешский ученный Ян Эвангелиста Пуркинье ввел термин «протоплазма» (от греческого «protos» – первый и «plazma» – образование) для клеточного содержимого, представляющего собой живое вещество.

В 1858 г. Р. Вирхов формулирует правило: «omnis cellula е cellula» – каждая клетка происходит только из клетки. Все клетки образуются путем клеточного деления, что большое значение имеют не их оболочки, а их содержимое и ядро.

В 1866 г. Геккель экспериментально доказал, что хранение и передача наследственных признаков осуществляет ядро.

В 1868 г. швейцарский учёный Ф. Мишер установил в ядрах клеток наличие нуклеиновой кислоты.

В 1872 русским цитологом И.Д. Чистяковым открыты внутриядерные структуры – хромосомы.

В 1875 г. Э. Страсбургер открыл кариокинетическое деление клеток у растений, затем в 1878–1882 гг. русский учёный П. И. Перемежко и немецкий учёный В. Флемминг открыли это явление у животных.

В 1883 г. русский ботаник И. Н. Горажанкин описывает проникновение мужского ядра в яйцеклетку у голосеменных растений.

В 1898 русский цитолог С. Г. Навашин обнаружил у покрытосеменных растений двойное оплодотворение у покрытосеменных растений. Создал учение о форме, размерах и количестве хромосом в клетке (кариотип).

Совершенствование микроскопической техники и методов исследования (введение в микроскопию иммерсионных объективов, конденсора Э. Аббе (1873 г.) и апохроматов (1886 г.), а также применение различных методов фиксации и окраски тканей, использование микротомов способствовало быстрому развитию цитологии.

Так в последней четверти 19 в. был обнаружен ряд постоянных составных частей протоплазмы – органоидов: центросомы (1876 , бельгийский учёный Э. ван Бенеден), митохондрии (1897–1898, немецкий учёный К. Бенда, у животных; 1904, немецкий учёный Ф. Мевес, у растений), сетчатый аппарат, или комплекс Гольджи (1898, итальянский учёный К. Гольджи).

Достигнуты успехи в изучении физиологии клетки. В 1882 И. И. Мечников открыл явление фагоцитоза. Была обнаружена к подробно исследована избирательная проницаемость растительных и животных клеток (голландский учёный Х. Де Фриз, немецкие учёные В. Пфеффер, Э. Овертон); создана мембранная теория проницаемости; разработаны методы прижизненного окрашивания клеток (русский гистолог Н. А. Хржонщевский, 1864; немецкие учёные П. Эрлих, 1885, Пфеффер, 1886).

Дальнейшее совершенствование микроскопической техники и создание в 1928–1931 гг. электронного микроскопа позволило выйти на новый уровень. Создаются Микроманипуляторы, с помощью которых можно производить над клетками разнообразные операции (инъекции в клетку веществ, извлечение и пересадку ядер, локальное повреждение клеточных структур и т.д.). Большое значение приобрела разработка метода культуры тканей вне организма, начало которому было положено в 1907 американским учёным Р. Гаррисоном. Большое значение имели исследования действия агентов, нарушающих механизм деления и хромосомный аппарат клеток (проникающее излучение, колхицин, ацетонафтен, трипофлавин и др.), привели к разработке методов искусственного получения полиплоидных форм, что дало возможность вывести ряд ценных сортов культурных растений. Огромное влияние на развитие цитологии в 20 в. оказало открытие в 1900 г. законов Менделя. Изучение процессов, протекающих в ядрах половых и соматически клеток, дало возможность объяснить факты, установленные при изучении наследственной передачи признаков, и построить хромосомную теорию наследственности. Изучение цитологических основ наследственности обособилось в отдельную отрасль цитологии – цитогенетику.

Четвертый этап – Современный этап развития цитологии.

С 50-х гг. 20 в. цитология вступила в современный этап своего развития. Использование электронного микроскопа привело к созданию субмикроскопической морфологии клетки и приблизило визуальное изучение клеточных структур к макромолекулярному уровню. Разработка новых методов исследования и успехи смежных дисциплин дали толчок бурному ее развитию и привели к стиранию чётких границ между цитологией, биохимией, биофизикой и молекулярной биологией. Благодаря чему цитология из морфологической и описательной превратилась в экспериментальную дисциплину. Наряду с решением теоретических вопросов цитология участвует в разрешении ряда важнейших биологических, медицинских и сельскохозяйственных проблем. В зависимости от объектов и методов исследования развивается ряд разделов цитологии: цитогенетика, кариосистематика, цитоэкология, радиационная цитология, онкологическая цитология, иммуноцитология и т.д.

**3. Клеточная теория и её суть**

Создателями клеточной теории считают ботаника Матиаса Шлейдена и зоолога Теодора Шванна.

Профессор Иенского университета Шлейден в книге «Данные о развитии растений» привел наглядные доказательства клеточного строения растений и попытался объяснить возникновение самих клеток. Т. Шванн в 1939 г. в книге «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений» обобщил результаты исследований Шлейдена и др., которые легли в основу клеточной теории.

В настоящее время клеточная теория постулирует:

1. Клетка – элементарная единица живого;

2. Клетки разных организмов гомологичны по своему строению;

3. Размножение клеток происходит путём деления исходной клетки;

4. Многоклеточные организмы представляют собой сложные ансамбли клеток, объединённых в систему тканей и органов, подчинённых и связанных между собой межклеточными формами регуляции.

***1. Клетка, как элементарная единица живого.***

Два типа организации клетки:

1) Наиболее простое – у прокариот (бактерии, синезелёные водоросли, вирусы). Доядерные клетки – потому как нет ядерной мембраны. Их наследственное вещество заключено в единственной хромосоме, однако ядерной мембраны, отделяющей хромосому от остальной клетки нет.

2) Сложный тип организации эукариот. Есть ядерная мембрана, отделяющая ядро от остальной части клетки. Обычно имеется две хромосомы и более. Несмотря на эти отличия клетки, прокариот и эукариот имеют много общего. И те и другие одеты плазматической мембраной. У тех и у других синтез белка происходит на рибосомах. Сходны процессы синтеза РНК и репликации ДНК, а также биоэнергетические процессы. Поэтому, клетке можно дать общее определение.

Клетка – это ограниченная активной мембраной, упорядоченная, структурированная система биополимеров (белков, нуклеиновых кислот, липидов, углеводов), участвующих в единой совокупности метаболических и энергетических процессов, осуществляющих поддержание и воспроизведение всей системы в целом.

***2. Гомологичность клеток.***

Внутри всех эукариотических клеток имеется ядро, принципиально сходное по строению у разных организмов. Строение и функции внутриклеточных структур также в принципе похожи. Такое сходство определяется гомологичностью обще клеточных функций, связанных с поддержанием самой живой системы (синтез нуклеиновых кислот и белков, биоэнергетика).

***3. Клетка от клетки****.*

Размножение клеток, прокариот и эукариот происходит только путём деления исходной клетки, которому предшествует воспроизведение её генетического материала (редупликация ДНК).

Прокариотические клетки делятся простой перегородкой, без участия каких-либо специальных аппаратов деления. У эукариотических клеток – митоз (соматические клетки) или мейоз (половые). При этом образуется специальный аппарат клеточного деления – клеточное веретено, с помощью которого равномерно по двум дочерним клеткам распределяются хромосомы.

***4. Клетка и организм.***

Следует отметить, что клетка – это единица функционирования в многоклеточном организме. Но клетки объединены в функциональные системы, в ткани и органы, которые находятся во взаимной связи друг с другом. Таким образом, многоклеточные организмы представляют собой сложные ансамбли клеток, объединённые в целостные системы тканей и органов, подчинённых и связанных межклеточными формами регуляции.

**4. Связь цитологии с другими науками**

Цитология тесно сопряжена с научными и методическими достижениями биохимии, биофизики, молекулярной биологии и генетики, т.е. цитология тесно связана практически со всеми биологическими дисциплинами, так как все живое на Земле имеет клеточное строение, а цитология занимается изучением клеток во всем их многообразии. Цитология тесно связана с зоологией и ботаникой, поскольку изучает особенности строения растительных и животных клеток; с эмбриологией при изучении строения половых клеток; с гистологией – строение клеток отдельных тканей; с анатомией и физиологией, так как на основе цитологических знаний изучается строение органов и их функционирование. Клетка имеет богатый химический состав, в ней протекают сложные биохимические процессы – фотосинтез, биосинтез белка, дыхание, а также происходят важные физические явления, в частности, возникновение возбуждения, нервного импульса, поэтому цитология тесно связана с биохимией и биофизикой. Чтобы понять сложные механизмы наследственности, нужно изучить и понять их материальные носители – гены, ДНК, которые являются составными компонентами клеточных структур. Из этого возникает тесная связь цитологии с генетикой и молекулярной биологией. Данные цитологических исследований широко используются в медицине, так как многие заболевания развиваются на молекулярно-генетическом уровне (различные нарушения обмена веществ, заболевания крови, онкологические заболевания, заболевания иммунной системы). Цитология тесно связана экологией, так как многие нарушения жизнедеятельности организмов, связанные с неблагоприятным воздействием экологических факторов, связаны с нарушением деятельности клеток и проявляются на уровне клеток. Имеется связь цитологии и с сельским хозяйством и селекцией, так как цитологические данные необходимы для полной характеристики сортов, пород и штаммов и их дальнейшей селекции, с клеточной инженерией, так как является одним из главных разделов современной биотехнологии, основанным на культивировании тканей и отдельных клеток.

**Тема: Методы исследований в цитологии**

**1. Классификация методов исследований**

Основной метод, который используют цитологии – это метод световой микроскопии. В настоящее время этот метод нашел целый ряд дополнений и модификаций, что значительно расширило круг задач и вопросов, решаемых цитологией. Революционным моментом в развитии современной цитологии было применение электронной микроскопии, открывшей необычайные перспективы. С введением электронной микроскопии практически стирается граница между собственно цитологией и биохимией, они объединяются на уровне макромолекулярного изучения объектов (микротрубочек, мембран, микрофиламентов и т.д.). Однако главным методическим приемом в цитологии остается визуальное наблюдение объекта. Кроме того, в цитологии применяются многочисленные приемы препаративной и аналитической биохимии, методы биофизики.

К методам цитологических исследований относят:

1. Оптические методы.

2. Прижизненное изучение клеток.

3. Цитофизические методы.

4. Исследование ультраструктуры клеток.

5. Цито- и гистохимические методы.

6. Фракционирование клеток.

**2. Оптические методы**

***Световая микроскопия***. Объекты исследования – препараты, которые можно рассматривать в проходящем свете. Они должны быть достаточно прозрачны, тонки и контрастны. Биологические объекты не всегда обладают этими качествами. Для изучения их в биологическом микроскопе необходимо предварительно приготовить соответствующие препараты путем фиксации, обезвоживания, изготовления тонких срезов, окрашивания. Клеточные структуры в таких фиксированных препаратах не всегда соответствуют истинным структурам живой клетки. Их изучение должно сопровождаться изучением живого объекта в темнопольном и фазово-контрастном микроскопах, где контрастность повышается за счет дополнительных устройств к оптической системе.

Предельное разрешение, которое может дать биологический микроскоп при масляной иммерсии, – 1700 Ǻ (0,17 мкм) в монохроматическом свете и 2500 Ǻ (0,25 мкм) в белом свете. Дальнейшее увеличение разрешения может идти лишь за счет уменьшения длины волны света.

***Темнопольная микроскопия***. Метод основан на принципе рассеивания света на границе между фазами с разными показателями преломления. Достигается это в темнопольном микроскопе или в обычном биологическом микроскопе специальным темнопольным конденсором, который пропускает только очень косые краевые лучи источника света. Поскольку краевые лучи имеют сильный наклон, они не попадают в объектив, и поле зрения микроскопа оказывается темным, а объект, освещенный рассеянным светом, кажется светлым. На препаратах клеток обычно содержатся структуры разной оптической плотности. На общем темном фоне эти структуры четко видны благодаря их различному свечению, а светятся они потому, что рассеивают попадающие на них лучи света (эффект Тиндаля). В темном поле можно изучать живые объекты. Разрешающая способность такого микроскопа большая (меньше 0,2 мкм).

***Фазово-контрастная микроскопия***. Метод основан на том, что отдельные участки прозрачного препарата отличаются от окружающей среды по показателю преломления. Поэтому проходящий через них свет распространяется с различной скоростью, т.е. испытывает смещение фаз, что выражается в изменении яркости. Частицы с показателем преломления, большим показателя преломления среды, дают темные изображения на светлом фоне, с показателем, меньшим показателя среды, – изображения более светлые, чем окружающий фон. Фазово-контрастная микроскопия позволяет выявить множество деталей и особенностей живых клеток и срезов тканей. Большое значение имеет этот метод для изучения тканей, культивируемых in vitro.

***Интерференционная микроскопия***. Этот метод близок к методу фазово-контрастной микроскопии и дает возможность получить контрастные изображения неокрашенных прозрачных живых клеток, а также вычислить сухой вес клеток. Интерференционный микроскоп устроен так, что пучок параллельных световых лучей от осветителя разделяется на два потока. Один из них проходит через объект и приобретает изменения в фазе колебания, другой идет, минуя объект. В призмах объектива оба потока вновь соединяются и интерферируют между собой. В результате интерференции будет строиться изображение, на котором участки клетки, обладающие разной толщиной или разной плотностью, будут отличаться друг от друга по степени контрастности. В этом приборе, измеряя сдвиги фаз, можно определить концентрацию и массу сухого вещества в объекте.

**3. Витальное (прижизненное) изучение клеток**.

***Приготовление препаратов живых клеток***. Световой микроскоп позволяет видеть живые клетки. Для кратковременного наблюдения клетки помещают просто в жидкую среду на предметное стекло; если нужно длительное наблюдение за клетками, то используются специальные камеры. В любом из этих случаев клетки изучаются в специально подобранных средах (вода, физиологический раствор, раствор Рингера и др.).

***Метод клеточных культур***. Культивирование клеток и тканей вне организма (in vitro) связано с соблюдением определенных условий (соответствующая питательная среда, определенная температура, определенное количество клеток, стерильность, регулярные пересевы культуры на свежую питательную среду). Сейчас метод культивирования клеток вне организма широко используется не только для цитологических, но и для селекционных, генетических, вирусологических и биохимических и др. исследований.

***Методы микрохирургии***. Данные методы предполагают оперативное воздействие на клетку. Микрооперации на отдельных клетках мелких размеров стали проводить с начала ХХ столетия, когда был сконструирован прибор – микроманипулятор. С его помощью клетки разрезают, извлекают из них отдельные части, вводят вещества (микроинъекция) и т.д. Микроманипулятор совмещается с обычным микроскопом, в который наблюдают за ходом операции. Микрохирургическими инструментами служат стеклянные крючки, иглы, капилляры, которые имеют микроскопические размеры. Кроме механического воздействия на клетки в микрохирургии в последнее время широко применяют микропучки ультрафиолетового света или лазерные микропучки. Это дает возможность практически моментально инактивировать отдельные участки живой клетки.

***Методы прижизненной окраски***. При изучении живых клеток пытаются их окрашивать с помощью так называемых витальных красителей. Это красители кислой (трипановый синий, литиевый кармин) или основной (нейтральный красный, метиленовый синий) природы, применяемые при очень большом разведении (1:200000), следовательно, влияние красителя на жизнедеятельность клетки минимальное. При окрашивании живых клеток краситель собирается в цитоплазме в виде гранул, а в поврежденных или мертвых клетках происходит диффузное окрашивание цитоплазмы и ядра. Время для окрашивания препаратов сильно варьирует, но для большинства витальных красителей оно равно от 15 до 60 минут.

**4. Цитофизические методы**

***Метод поглощения рентгеновских лучей***. Метод основан на том, что разные вещества в определенной длине волны по-разному поглощают рентгеновские лучи. Пропуская рентгеновские лучи через препарат ткани, можно по спектру поглощения определить ее химический состав.

***Флуоресцентная микроскопия***. В основу метода положено свойство некоторых веществ флуоресцировать в ультрафиолетовых лучах. Для этих целей используют ультрафиолетовый микроскоп, в конденсоре которого установлен светофильтр, выделяющий из общего светового пучка синие и ультрафиолетовые лучи. Другой светофильтр, помещенный перед глазами наблюдателя, поглощает эти лучи, пропуская лучи флуоресценции, испускаемые препаратом. Источником света служат ртутные лампы и лампы накаливания, дающие сильное ультрафиолетовое излучение в общем световом пучке. Флуоресцентная микроскопия дает возможность изучать живую клетку. Целый ряд структур и веществ, содержащихся в клетках, обладает собственной (первичной) флуоресценцией (хлорофилл, витамины А, В1 и В2, некоторые гормоны и др.). Объекты, не обладающие собственной флуоресценцией, могут быть подкрашены специальными флуоресцирующими красителями – флуорохромами. Тогда они просматриваются в ультрафиолете (вторичная флуоресценция). С помощью этого метода можно видеть форму объекта, распределение флуоресцирующих веществ в объекте, содержание этих веществ).

***Метод радиографии***. Метод основан на том, что радиоактивные изотопы, будучи введенными в организм, вступают в общий клеточный обмен и включаются в молекулы соответствующих веществ. Места их локализации определяют по излучению, которое дается изотопами и обнаруживается по засвечиванию фотопластинки при наложении ее на препарат. Препарат изготовляется спустя некоторое время после введения изотопа с учетом времени прохождения определенных стадий метаболизма. Этот метод широко применяется для выяснения локализации мест синтеза биополимеров, для определения путей переноса веществ в клетке, для наблюдения за миграцией или свойствами отдельных клеток.

**5. Методы исследования ультраструктуры**

***Поляризационная микроскопия***. В основе метода лежит способность различных компонентов клеток и тканей к преломлению поляризованного света. Некоторые клеточные структуры (нити веретена деления, миофибриллы и др.), характеризуются определенной ориентацией молекул и обладают свойством двойного лучепреломления. Это так называемые анизотропные структуры. От обычного биологического микроскопа поляризационный отличается тем, что перед конденсором помещается поляризатор, а за препаратом и объективом помещены компенсатор и анализатор, позволяющие детально исследовать двойное лучепреломление в рассматриваемом объекте. Поляризационный микроскоп дает возможность определить ориентировку частиц в клетках и других структурах, четко видеть структуры с двойным лучепреломлением, а при соответствующей обработке препаратов можно сделать наблюдения над молекулярной организацией той или иной части клетки.

***Метод рентгеноструктурного анализа***. В основу метода положено свойство рентгеновских лучей испытывать дифракцию при прохождении через кристаллы. На экране или фотопластинке появляется ряд колец, концентрически расположенных пятен и полос. Угол дифракции определяется расстоянием между группами атомов и молекулами в объекте. Чем больше расстояние между структурными единицами, тем меньше угол дифракции, и наоборот. На экране это соответствует расстоянию между темными зонами и центром. Ориентированные частицы дают на диаграмме круги, серпы, точки; неориентированные частицы в аморфных веществах дают изображение концентрических колец.

Метод рентгеноструктурного анализа применяется для изучения строения молекул белков, нуклеиновых кислот и других веществ, входящих в состав цитоплазмы и ядра клеток. Он дает возможность определить пространственное расположение молекул, точно измерить расстояние между ними и изучить внутримолекулярную структуру.

***Электронная микроскопия***. Электронный микроскоп отличается от светового микроскопа тем, что в нем вместо света используется быстрый поток электронов, а стеклянные линзы заменены электромагнитными полями. Изображение дают электроны, прошедшие через объект и не отклоненные им. В современных электронных микроскопах достигнуто разрешение в 0,1 нм. Под электронным микроскопом просматриваются неживые объекты – препараты. Живые объекты изучать пока не удается, т.к. объекты помещаются в вакуум, гибельный для живых организмов. В вакууме электроны, не рассеиваясь, попадают на объект. Объекты, изучаемые под электронным микроскопом, должны иметь очень малую толщину, не больше 400–500 Ǻ (0,04-0,05 мкм), иначе они оказываются непроницаемыми для электронов. Для этих целей применяют ультрамикротомы. Биологические объекты, особенно вирусы, фаги, нуклеиновые кислоты, тонкие мембраны, обладают слабой способностью рассеивать электроны, т.е. низкой контрастностью. Контрастность их увеличивают путем напыления на объект тяжелых металлов (золото, платина, хром), углеродного напыления, с помощью обработки препаратов осмиевой или вольфрамовой кислотами и некоторыми солями тяжелых металлов.

***Специальные методы электронной микроскопии биологических объектов***. В настоящее время методы электронной микроскопии развиваются и совершенствуются. *Метод замораживания* – травления – заключается в том, что объект сначала быстро замораживают жидким азотом, а затем при той же температуре переносят в специальную вакуумную установку, где объект механическим способом скалывается охлажденным ножом. При этом обнажаются внутренние зоны замороженных клеток. В вакууме часть воды, перешедшей в стекловидную форму, возгоняется (травление), а поверхность скола последовательно покрывается тонким слоем испаренного углерода, а затем металла. Таким образом получается пленка-слепок, повторяющая прижизненную структуру материала, которую изучают в электронном микроскопе.

М*етоды высоковольтной микроскопии* – сконструированы электронные микроскопы с ускоряющим напряжением 1–3 млн. В. При высокой энергии электронов, которые меньше поглощаются объектом, можно рассматривать образцы большей толщины (1–10 мкм). Этот метод перспективен в том, что если при сверхвысокой энергии электронов уменьшается их воздействие с объектом, то в принципе это можно использовать при изучении ультраструктуры живых объектов. Сейчас ведутся работы в этом направлении.

*Метод сканирующей (растровой) электронной микроскопии* позволяет изучить трехмерную картину поверхности клетки. При этом методе фиксированный и специальным образом высушенный объект покрывается тонким слоем испаренного металла (чаще всего золота), тонкий пучок электронов пробегает по поверхности объекта, отражается от него и попадает в приемное устройство, передающее сигнал на электронно-лучевую трубку. Благодаря огромной глубине фокуса сканирующего микроскопа, которая значительно больше, чем у просвечивающего, получается почти трехмерное изображение исследуемой поверхности.

**6. Цито- и гистохимические методы**

Цито- и гистохимическими методами можно определить содержание и локализацию веществ в клетке с помощью химических реактивов, дающих с выявленным веществом новое вещество специфического цвета. Методы аналогичны методам определения веществ в аналитической химии, но реакция происходит непосредственно на препарате ткани, и именно в том месте, где локализовано искомое вещество. Количество конечного продукта цитохимической реакции можно определить с помощью метода цитофотометрии. Основу его составляет определение количества химических веществ по поглощению ими света определенной длины волны. Было найдено, что интенсивность поглощения лучей пропорционально концентрации вещества при одной и той же толщине объекта. Следовательно, оценивая степень поглощения света данным веществом, можно узнать его количество. Для такого рода исследований используют приборы – микроскопы-цитофотометры, у которых за объективом расположен чувствительный фотометр, регистрирующий интенсивность прошедшего через объектив светового потока. Зная площадь или объем измеряемой структуры и значение поглощения, можно определить как концентрацию данного вещества, так и его абсолютное содержание.

Разработаны приемы количественной флуорометрии, позволяющей по степени свечения определить содержание веществ, с которыми связываются флуорохромы. Так, для выявления специфических белков применяют метод иммунофлуоресценции – иммунохимические реакции с использованием флуоресцирующих антител. Этот метод обладает очень большой специфичностью и чувствительностью. Его можно использовать для выявления не только белков, но и отдельных последовательностей нуклеотидов в ДНК или для определения мест локализации РНК–ДНК-гибридных молекул.

**7. Фракционирование клеток**

Принцип метода состоит в том, что при центрифугировании развивается центробежная сила, под воздействием которой взвешенные частицы оседают на дно центрифужной пробирки в виде отдельных фракций клеточных компонентов, после чего изучают их химию, ультраструктуру и свойства. Прежде, чем подвергнуть клетки центрифугированию, их необходимо разрушить – разрушить жесткий каркас клеточных оболочек, с помощью ультразвуковой вибрации, продавливания через маленькие отверстия или самое обычное измельчение растительных тканей пестиком в фарфоровой ступе. При осторожном применении методов разрушения можно сохранить некоторые органеллы целыми.

Так, в настоящее время в виде чистых фракций получают практически любые клеточные органеллы и структуры: ядра, ядрышки, хроматин, ядерные оболочки, плазматическую мембрану, вакуоли, ЭПС, рибосомы, аппарат Гольджи, митохондрии и их мембраны, пластиды, микротрубочки, лизосомы и т. д. Оседание частиц в пробирке после центрифугирования зависит от их размера и плотности (чем больше частица или чем она тяжелее, тем быстрее она осядет на дно пробирки). Полученные фракции, прежде чем их анализировать биохимическими способами, необходимо проверить на чистоту с помощью электронного микроскопа.

**Тема: Строение растительной клетки**

**1. Отличительные особенности растительной клетки, ее строение, размер и форма**

Клетка – это наименьшая структурная и функциональная единица живого. Существует два основных типа клеточной организации: прокариотический (доядерный) и эукариотический (ядерный).

Клетки прокариотического типа устроены сравнительно просто. В них нет морфологически обособленного ядра, единственная хромосома образована кольцевидной ДНК и находится в цитоплазме. Мембранные органеллы отсутствуют, их функцию выполняют различные впячивания плазматической мембраны, в цитоплазме имеются многочисленные мелкие рибосомы, микротрубочки отсутствуют, поэтому цитоплазма неподвижна, а реснички и жгутики имеют особую структуру. Особенности структуры прокариотических клеток определяют специфический характер процессов обмена веществ, жизнедеятельности и размножения. К прокариотам относят бактерий и синезеленые водоросли или цианобактерии.

Большинство современных живых организмов (одноклеточные и многоклеточные растения, грибы, животные и человек) относится к эукариотическому типу.

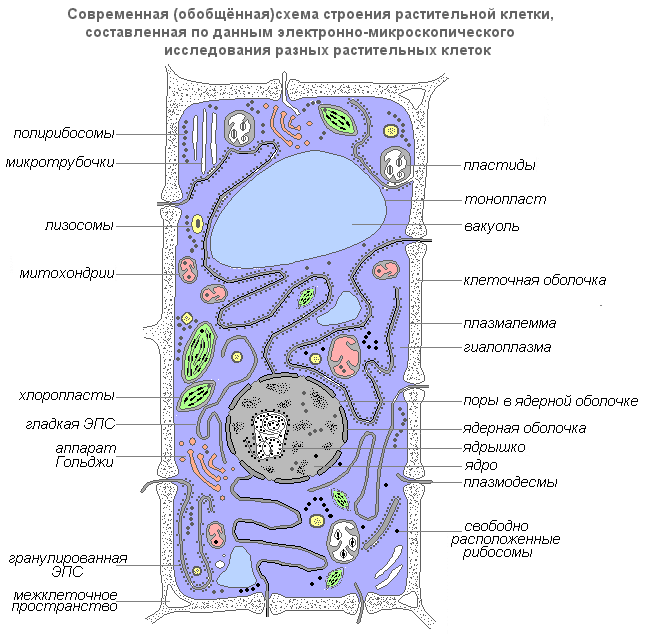
Однако клетки животных, грибов и растений имеют ряд отличительных признаков (таблица 6).

Таблица 6. Отличительные признаки клеток грибов, растений и животных

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Признак** | **Грибы** | **Растения** | **Животные** |
| Способ питания | гетеротрофный | автотрофный | гетеротрофный |
| Клеточная оболочка | есть, основной компонент – хитин | есть, основной компонент – целлюлоза | нет |
| Пластиды | отсутствуют | хлоропласты,  хромопласты,  лейкопласты | отсутствуют |
| Клеточный центр | имеется | только у низших растений (водоросли, мхи, папоротникообразные) | имеется |
| Вакуоли | развиваются в старых частях мицелия | крупные, заполнены клеточным соком. Осмотический резервуар клетки | сократительные, пищеварительные, выделительные вакуоли, обычно мелкие |
| Запасной углевод | гликоген | крахмал | гликоген |
| Синтез АТФ | В митохондриях | в хлоропластах и митохондриях | в митохондриях |
| Центриоли | бывают редко | нет | имеются |

Растительная клетка обладает чрезвычайно сложной структурной организацией и представляет собой систему, дифференцированную на отдельные органеллы (рисунок 1).

В растительной клетке следует различать клеточную оболочку и содержимое. Основные жизненные свойства присущи именно содержимому клетки – протопласту. Кроме того, для взрослой растительной клетки характерно наличие вакуоли – полости, заполненной клеточным соком. Протопласт состоит из ядра, цитоплазмы и включенных в нее крупных органелл, видимых в световой микроскоп: пластид, митохондрий. В свою очередь цитоплазма представляет собой сложную систему с многочисленными мембранными структурами (аппарат Гольджи, эндоплазматическая сеть, лизосомы), и не мембранными структурами (микротрубочки, рибосомы и др.). Все указанные органеллы погружены в матрикс цитоплазмы – гиалоплазму. Каждая из органелл имеет свою структуру и ультраструктуру.



**Рисунок 1 – Схема строения растительной клетки**

Под ультраструктурой понимается расположение в пространстве отдельных молекул, составляющих данную органеллу. Даже с помощью электронного микроскопа далеко не всегда можно увидеть ультраструктуру более мелких органелл (рибосом). По мере развития науки открываются все новые структурные образования, находящиеся в цитоплазме, и в этой связи наши современные представления о ней ни в коей мере не являются окончательными.

Форма растительных клеток разнообразна и зависит в основном от их местоположения и выполняемой функции. Свободные клетки обычно шаровидные, овальные, яйцевидные, в тканях имеют многогранную форму. В основном клетки делятся на паренхимные (длина = ширине = высоте) и прозенхимные (вытянутые клетки в длину и часто имеют заостренные концы).

Корневые волоски. Это тонкие волоски своей огромной поверхностью всасывают воду из почвы, и расположены на поверхности корня недалеко от его кончика.

Жгучие клетки. Это клетки, втыкаясь и ломаясь в нашей коже, выливает из вакуоли, как из шприца, капельку кислоты. Результат известен каждому, кто имел дело с крапивой.

Одноклеточные. Клетки одноклеточных водорослей выполняют множество функций одновременно – от питания до размножения. Многие даже движутся с помощью подвижного жгутика.

Запасающие клетки. Клетки, несущие запасы воды, чаще всего встречаются в стеблях или листьях растений из засушливых мест (кактус, алоэ). Запас воды в клетках хранится в вакуолях.

Сосуды. От корня вверх вода поднимается по мертвым трубковидным клеткам сосудов. От этих клеток осталась только клеточная стенка.

Каменистые клетки. Там, где нужна особая прочность, стенка клетки может быть очень толстой. Так выглядят клетки скорлупы ореха.

Устьица. Клетки устьиц способны двигаться, регулируя доступ воздуха к внутренним полостям листа.

Клетки луба. От листьев вниз вода с растворенными органическими веществами движется по живым клеткам луба. Это – ситовидные трубки.

Пробка. Клетки пробки мертвы и пропитаны веществами, не пропускающими воду и воздух. Они являются отличной защитой.

Размер клеток варьирует от тысячных долей миллиметра (бактерии) до нескольких сантиметров (харовые водоросли) у покрытосеменных 0,015–0,66 мм. Лубяные волокна льна 20–40 мм, крапивы 60 мм и др.

**2. Клеточная оболочка, ее строение, состав, функции**

Клеточная оболочка растительной клетки плотно прилегает к плазмалемме. Строение, химический состав и свойства оболочек изменяются на различных этапах развития клетки, т. е. они не являются стабильными, неизменными образованиями.

Оболочки клеток низших растений развиты гораздо слабее, чем у высших, их генеративные клетки лишены твердых оболочек.

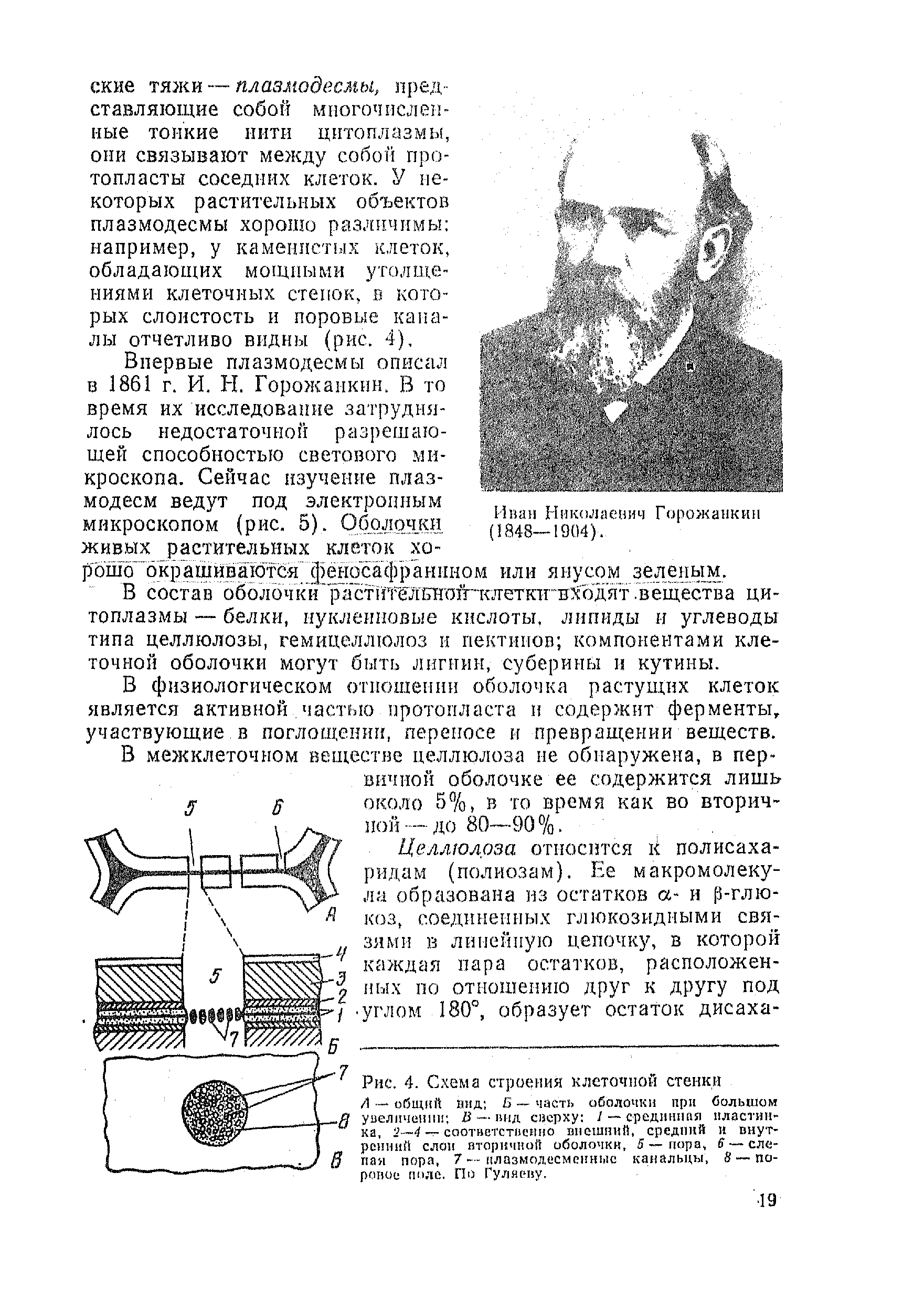
У высших растений клеточные оболочки возникают после деления зиготы, формирующейся от слияния мелких мембранных пузырьков (вакуолей) в экваториальной плоскости клетки. Вновь образовавшаяся оболочка молодой клетки представляет собой тонкую (0,5–1 мкм) эластичную мембрану, способную легко растягиваться. Оболочка зрелых дифференцированных клеток состоит из трех слоев: средний слой – межклеточное вещество (срединная пластинка), первый и третий слой – первичные оболочки двух соседних клеток, склеенные прослойкой из межклеточного вещества.

Первичная оболочка состоит из полисахаридов – пектина и целлюлозы. Первичные клеточные стенки соседних клеток соединены пропектиновой срединной пластинкой. В клеточной стенке линейные очень длинные (несколько микрон) молекулы целлюлозы, состоящие из глюкозы, собраны в пучки – мицеллы, которые, в свою очередь объединяются в фибриллы – тончайшие (1,5-4 нм) волоконца неопределенной длины. Целлюлоза образует многомерный каркас, который погружен в аморфный матрикс из нецеллюлозных углеводов: пектинов, гемицеллюлоз и др. Целлюлоза обуславливает прочность клеточной стенки. Микрофибриллы эластичны и по прочности на разрыв сходны со сталью. Полисахариды матрикса определяют такие свойства стенки, как высокая проницаемость для воды, растворенных мелких молекул и ионов, сильная набухаемость. Благодаря матриксу по стенкам, примыкающим друг к другу, могут передвигаться вода и вещества от клетки к клетке (путь через апопласт по «свободному пространству»). Некоторые гемицеллюлозы могут откладываться в стенках клеток семян в качестве запасных веществ.

При образовании первичной клеточной стенки в ней выделяются более тонкие участки, где фибриллы целлюлозы лежат более рыхло. Канальцы эндоплазматической сети проходят здесь через клеточные стенки, соединяя соседние клетки.

Вторичные оболочки возникают у клеток дифференцированных тканей в результате отложения на их поверхности различных веществ. Связь между цитоплазмами соприкасающихся клеток осуществляется с помощью плазмодесменных канальцев, проходящих по тонким участкам первичной клеточной оболочки, так называемых поровых полей.

Через поровые каналы проходят цитоплазматические тяжи – плазмодесмы, представленные многочисленными нитями цитоплазмы (рисунок 2).



А – общий вид; Б – часть оболочки при большом увеличении; В – вид сверху: 1 – срединная пластинка, 2–4 –- соответственно внешний, средний и внутренний слои вторичной оболочки, 5 – пора, 6 – слепая пора, 7 – плазмодесменные канальцы, 8 – поровое поле.

**Рисунок 2 – Схеме строения клеточной оболочки растений**

Оболочки растительных клеток выполняют следующие функции:

1. Механическую – служат прочной опорой растениям, создавая как бы их скелет;

2. Защитную – предохраняют растения от излишнего испарения воды, от проникновения инфекции;

3. Противостоят тургорному давлению клетки;

4. Ориентация целлюлозных микрофибрилл ограничивает и в известной мере регулирует как рост, так и форму клеток, поскольку от их расположения зависит способность клеток к растяжению.

Видоизменения клеточной оболочки:

1. Одревеснение – пропитывание клеточной стенки лигнином, что повышает ее твердость, плотность и снижает пластичность и способность к росту.

2. Опробковение – наслаивание на клеточную стенку суберина. Опробковевшие клетки непроницаемы для воды и растворенных в ней веществ, они отмирают и превращаются в защитный слой.

3. Кутинизация – процесс откладывания на наружную поверхность клеточной стенки – кутина. Кутинизация характерна для покровных и защитных тканей.

4. Ослизнение – превращение клетчатки или крахмала в боле высокомолекулярные углеводы – слизи, камеди. Характерно для покровных тканей семян, некоторых водных растений.

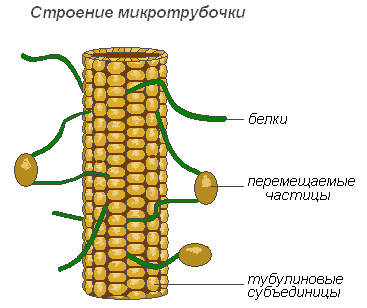
5. Минерализация – отложение кремнезема, солей в толще стенок, на поверхности или в особых выростах оболочки. Богаты кремнезёмом клетки кожицы стеблей и листьев хвощей, злаков, осок. Окремнению подвергаются жгучие волоски у крапивы двудольной.

**3. Цитоплазма и органоиды клетки их строение и функции**

**Цитоплазма –** сложная многокомпонентная, пластичная, дифференцированная система, включающая ряд мембранных и не мембранных структур, т.е. цитоплазма – все содержимое клетки за исключением ядра и оболочки. В цитоплазме протекают основные процессы метаболизма. Основу цитоплазмы составляет ее матрикс, или гиалоплазма, – сложная бесцветная, оптически прозрачная коллоидная система, способная к обратимым переходам из золя в гель. Важнейшая роль гиалоплазмы заключается в объединении всех клеточных структур в единую систему и обеспечении взаимодействия между ними в процессах клеточного метаболизма. Гиалоплазма включает сложную сеть белков (цитоскелет), состоящую из микрофиламентов и микротрубочек. Цитоскелет играет важную роль в процессах митоза, мейоза, внутриклеточного движения цитоплазмы, образования клеточных стенок, транспорте воды и др.

**Микрофиламенты –** представляют собой длинные тонкие белковые нити диаметром 5–7 нм из актина (глобулярный белок), которые, переплетаясь друг с другом, формируют общую сеть – цитоскелет. Цитоскелет удерживает все органоиды вместе, благодаря чему они могут сообщаться между собой и через них проходят вещества и молекулы, т.е. осуществляется метаболизм. Вся эта структура очень динамичная, лабильная, способная быстро перестраиваться, видоизменяться, распадаться и формироваться вновь. Это определяет такие свойства цитоплазматического матрикса, как изменения вязкости, подвижность, переход из состояния геля в золь и обратно.

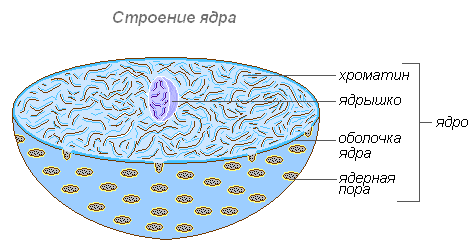
**Микротрубочки –** полые цилиндрические органеллы диаметром 20–25 нм, достигающие в длину нескольких микрометров (рисунок 3). Стенки микротрубочек толщиной 5–8 нм состоят из цепочек глобулярного белка тубулина, свернутых спирально. Микротрубочки могут разрушаться и снова возникать. С микротрубочками связано движение цитоплазмы, участие в перемещении органелл и в построении клеточных стенок.



**Рисунок 3 – Строение микротрубочки**

**Ядро** – обязательная и существеннейшая часть живой клетки всех [эукариотических](http://medbiol.ru/medbiol/botanica/0020654b.htm) клеток. Ядро впервые исследовано Робертом Броуном в 1831 году. Размеры ядра различны: от 2–3 до 500 мкм (у половых клеток). Форма его чаще шаровидная или эллипсоидальная. В молодых клетках оно занимает центральное положение, но позднее обычно смещается к оболочке, оттесняемое растущей [вакуолью](http://medbiol.ru/medbiol/botanica/00113842.htm).

Ядро окружено двухслойной мембраной с порами, которая отграничивает его от цитоплазмы (рисунок 4).

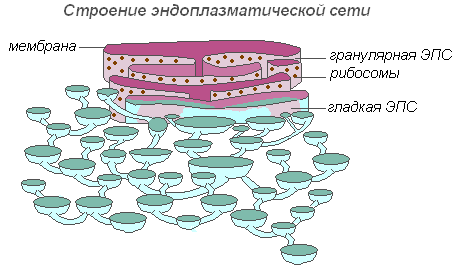


*Кариоплазма*

**Рисунок 4 – Строение ядра клетки**

Внутреннее содержимое ядра составляет кариоплазма (ядерный сок), заполняющая пространство между структурами ядра. В нём находится одно или несколько ядрышек сферической или неправильной формы. Ядрышко содержит преимущественно РНК и специфические белки. Важнейшая его функция заключается в том, что в нём происходит формирование рибосом, которые осуществляют синтез белков в клетке. А также хромосомы – плотные удлиненные или нитевидные образования, видимые только при делении клетки. Они содержат ДНК, соединённых со специфическими белками – гистонами, в которых заключена наследственная информация, передающаяся из поколения в поколение.

**Эндоплазматическая сеть**, или эндоплазматический ретикулум – это разветвленная сеть каналов, трубочек, пузырьков, цистерн, расположенных внутри цитоплазмы (рисунок 5). Открыта в 1945 году английским учёным К. Портером, представляет собой систему мембран, имеющих ультрамикроскопическое строение.

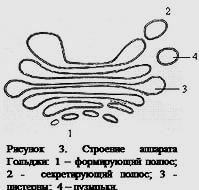


**Рисунок 5 – Строение эндоплазматической сети**

Вся сеть объединена в единое целое с наружной клеточной мембраной ядерной оболочки. Различают ЭПС гладкую и шероховатую, несущую на себе рибосомы. На мембранах гладкой ЭПС находятся ферментные системы, участвующие в жировом и углеводном обмене. Этот тип мембран преобладает в клетках семян, богатых запасными веществами (белками, углеводами, маслами), рибосомы прикрепляются к мембране гранулярной ЭПС, и во время синтеза белковой молекулы полипептидная цепочка с рибосомами погружается в канал ЭПС. Функции эндоплазматической сети очень разнообразны: транспорт веществ внутри клетки и между соседними клетками, разделение клетки на отдельные секции, в которых одновременно проходят различные физиологические процессы и химические реакции.

**Аппарат Гольджи** впервые выделен в 1896 г. итальянским учёным Камилло Гольджи и представляет собой многоярусную систему плоских мембранных мешочков (цистерн), которые по периферии утолщаются и образуют пузырчатые отростки.

В растительных клетках обнаруживается ряд отдельных стопок (диктиосом). Диктиосомы у высших растений состоят из 4–8 цистерн, собранных вместе (рисунок 6). В зоне диктиосом различают формообразующий и секретирующий участки.



5

1– формирующий полюс, 2 – секретирующий полюс,

3 – цистерны, 4 – пузырьки, 5 – лизосомы

**Рисунок 6 – Схема строение аппарата Гольджи**

Функции аппарата Гольджи:

1. Секреторные процессы клетки (образование и выделение особых продуктов, секретов, необходимых для жизнедеятельности организма). Секретируемые белки собираются в пузырьки, отшнуровываются от цистерн и в конечном счёте сливаются с оболочкой (плазматической мембраной), выбрасывая своё содержимое из клетки наружу.

2. Накопление углеводов.

3. Регуляция содержания воды в клетке.

4. Синтез полисахаридов у растений.

5. Выделение слизей и твёрдых веществ.

6. Транслокация и др. – перенос материалов, из которых состоит клеточная стенка.

7. Образование клеточной стенки в растительной клетке после деления митозом (фрагмопласта). Пузырьки, происходящие из комплекса Гольджи, сливаются друг, с другом образуя фрагмопласт, плазматическую мембрану.

**Лизосомы** впервые были описаны в 1955 [бельгийским](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B3%D0%B8%D1%8F) биохимиком [Кристианом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%8E%D0%B2,_%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B0%D0%BD_%D0%B4%D0%B5) де Дюв. Представляют собой мелкие пузырьки, ограниченные мембраной (рисунок 7).



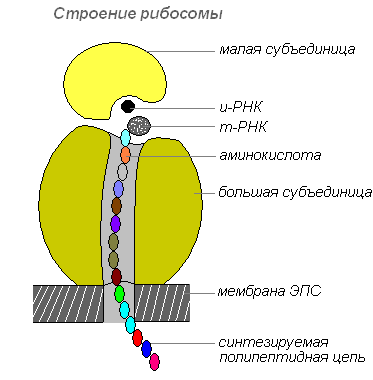
**Рисунок 7 – Строение лизосомы**

Лизосомы образуются из тяжей эндоплазматической сети путем отшнуровывания мельчайших пузырьков, с кислой средой (рН от 1,5 до 4–4,5). Функции лизосом:

1. Осуществление процесса внутриклеточного пищеварения.

2. Выведение чужеродных тел или структурных элементов клетки, которые ей больше не нужны.

**Рибосомы** (от «[рибонуклеиновая кислота](http://sbio.info/dic/12123)» и греч. «сома» – тело), – немембранные клеточные органоиды. Функция – синтез [белк](http://sbio.info/materials/obbiology/obbkletka/stroenorg/5)а. Присутствует в [клетках](http://sbio.info/materials/obbiology/obbkletka/) всех организмов. Представляет собой сферическую частицу диаметром около 20 нм, состоящую из двух субчастиц, которые могут разъединяться и вновь объединяться (рисунок 8). Структурный каркас рибосомы образован молекулами рибосомальной [РНК](http://sbio.info/dic/12123) и связанными с ними белками.



**Рисунок 8 – Схема строения рибосомы**

Рибосомы синтезируются в ядре, затем покидают его, переходя в цитоплазму, где прикрепляются к наружной поверхности мембран эндоплазматической сети или располагаются свободно. В зависимости от типа синтезируемого белка рибосомы могут функционировать по одиночке или объединяться в комплексы – полирибосомы.

**Сферосомы** обнаружены только у растений в 1880 г. Ганштейном и представляют собой одномембранные [органеллы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B8%D0%B4%D1%8B) [растительных клеток](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BA%D0%B0). Они образуются из элементов эндоплазматической сети. Функция сферосом – накопление [липидов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%BF%D0%B8%D0%B4%D1%8B).

**Пероксисомы и глиоксисомы –** округлые органоиды (микротельца) диаметром 0,2–1,5 мкм, ограниченные элементарной мембраной и содержащие гранулярный матрикс умеренной электронной плотности*.* В некоторых микротелах обнаруживается белковый кристаллоид, состоящий из трубочек диаметром около 6 нм. Количество микротел в клетке близко к числу митохондрий. Пероксисомы и глиоксисомы в клетках растений выполняют различные физиологические функции.

Пероксисомы многочисленны в клетках листьев, где они тесно связаны с хлоропластами. В них окисляется синтезируемая в хлоропластах в ходе фотосинтеза гликолевая кислота и образуется аминокислота глицин, которая в митохондриях превращается в серин. В листьях высших растений пероксисомы участвуют в фотодыхании.

Глиоксисомы появляются при прорастании семян, в которых запасаются жиры, и содержат ферменты, необходимые для превращения жирных кислот в сахара: системы β-окисления жирных кислот и глиоксилатный цикл. При работе ферментных систем пероксисом и глиоксисом образуется пероксид водорода, который разрушается содержащейся в этих органоидах каталазой.

**Вакуоль** – важнейшая составная часть растительных клеток. Она заполнена клеточным соком (водный раствор минеральных солей, аминокислот, органических кислот, пигментов, углеводов) и окружена белково-липидной мембраной – тонопластом (рисунок 9).



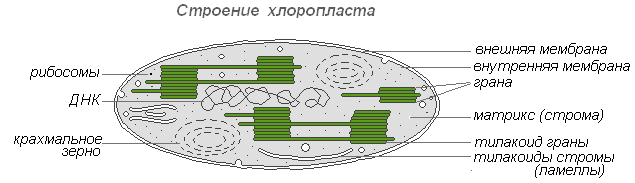
**Рисунок 9 – Строение вакуоли**

Развитие вакуолей осуществляется с помощью эндоплазматической сети. Сначало оини имеют маленькие размеры, но с развитием клетки маленькие вакуоли сливаются и занимают оттесняя к периферии прослойки цитоплазмы, в результате чего в сформированной клетке находится обычно одна большая вакуоль, а цитоплазма со всеми органеллами располагаются около оболочки.

Вакуоль играет большую роль в поддержании тургорного давления клетки за счёт концентрации клеточного сока, а также участвуют в процессах экскреции, через тонопласт происходит активный транспорт различных молекул на выброс, В вакуолях происходит накопление запасных веществ (сахаров, белков и др.).

**Пластиды** открыты в 1676 г. Антони Левенгуком, более детальное описание им дал Шимпер в 1882 г. Эти органеллы характерны для растительных клеток. Размер пластид варьирует от 3 до 10 мкм. В зависимости от окраски различают следующие виды пластид: хлоропласты (зеленые), Лейкопласты (бесцветные) и хромопласты (красные, бурые, оранжевые). Пластиды могут переходить из бесцветных в окрашенные, а зеленые в бурые.

**Хлоропласты** – наиболее распространённые и наиболее функционально важные пластиды фотоавтотрофных организмов, которые осуществляют фотосинтетические процессы, приводящие в конечном итоге к образованию органических веществ и выделению свободного кислорода. Хлоропласты высших растений имеют сложное внутреннее строение (рисунок 10).



**Рисунок 10 – Схема строения хлоропласта**

Хлоропласты способны передвигаться в соответствии с движением цитоплазмы, а также под воздействием освещения наблюдается активное передвижение хлоропластов к источнику света.

Хлоропласты имеют различную форму: сферическую, яйцевидную, гантелевидную и др. Окраску хлоропластов придают зеленые пигменты – хлорофилл, благодаря которому зелёные растения способны использовать световую энергию.

**Лейкопласты –** бесцветные пластиды, содержатся в клетках неокрашенных частей растений – корнях, клубнях, в клетках эмбриональных тканей и др. Отличаются от хлоропластов тем, что у них отсутствуют развитые тилакоидной системы (рисунок 11), но способны к ее образованию и к приобретению зеленой окраски под влиянием света. Форма однообразна близкая к сферической. Типы лейкопластов:

1. амилопласты (накапливающие крахмал),

2. олеопласты (накапливающие масла),

3. протеинопласты (накапливающие белок).



**Рисунок 11 – Схема строения лейкопласта**

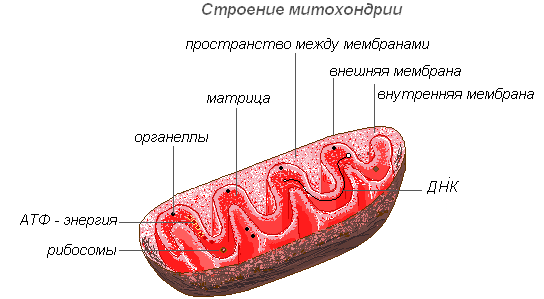
**Хромопласты** возникают в результате накопления различных пигментов каротиноидов. Образуются из хлоропластов и значительно реже из лейкопластов (например, в корне моркови). В процессе роста и развития отдельные органы растений (лепестки, листья, плоды) меняют свой цвет, что связано с уменьшением числа мембран в пластиде, исчезновением хлорофилла и крахмала. Строение хромопласта схожее с остальными пластидами (рисунок 12).



**Рисунок 12 – Схема строения хромопласта**

Главная функция хромопластов заключается в том, что яркая окраска привлекает насекомых, для опыления растений, и животных которые, поедая плоды, распространяют семена.

**Митохондрии** впервые описали В. Флемминг в 1882 г. и в 1894 г. Р. Альтман на животных клетках и в 1904 г. Мевесоном на растительных клетках. Имеют различную форму: палочковидную, округлую, овальную, нитевидную, в виде зёрнышек, нитей. Внутреннее строение митохондрий было изучено с помощью электронного микроскопа (рисунок 13).



**Рисунок 13 – Схема строение митохондрий**

Митохондрии имеют две мембраны. Внешняя мембрана гладкая, внутренняя образует различной формы выросты – трубочки в растительных клетках. Пространство внутри митохондрии заполнено полужидким содержимым (матриксом), куда входят ферменты, белки, липиды, соли кальция и магния, витамины, а также РНК, ДНК и рибосомы. Ферментативный комплекс митохондрий ускоряет работу сложного и взаимосвязанного механизма биохимических реакций, в результате которых образуется АТФ. В этих органеллах осуществляется обеспечение клеток энергией – преобразование энергии химических связей питательных веществ в макроэргические связи АТФ в процессе клеточного дыхания. Именно в митохондриях происходит ферментативное расщепление углеводов, жирных кислот, аминокислот с освобождением энергии и последующим превращением её в энергию АТФ. Накопленная энергия расходуется на ростовые процессы, на новые синтезы и т. д. Митохондрии размножаются делением и живут около 10 дней, после чего подвергаются разрушению.

**Тема: Хромосомы**

**1. Морфология метафазной хромосомы. Гетеро- и эухроматиновые участки ДНК**

Хромосомы – это самовоспроизводящиеся органоиды клеточного ядра, которые являются носителями генов и определяют наследственные свойства клеток и организмов.

В растениях хромосомы наблюдал Страстбургер в 1882 г. Термин «хромосомы» впервые был предложен в 1888 г. В. Вальдейером.

А. Вейсман предположил, что наследственность сосредоточена в хромосомах, а доказали это Т. Х. Морган, К. Бриджес, Г. Меллер и А. Стертевант, завершившие к середине 1930-х годов разработку хромосомной теории наследственности.

Морфологию хромосом можно изучить во время митоза методом микроскопии, когда хромосомы максимально спирализованы (метафазе и начало анафазы.). В этот период хромосомы животной и растительной клетки представляют собой палочковидные структуры разной длины и диаметра. Различают зону первичной перетяжки, которая делит хромосому на два плеча (рисунок 14).



**Рисунок 14 – Схема строения хромосомы**

В области первичной перетяжки расположена центромера (кинетохор). Это пластинчатая структура, имеющая форму диска. Она связана тонкими фибриллами с телом хромосомы в области перетяжки. Кинетохор является одним из центров полимеризации тубулинов, от него отрастают пучки микротрубочек митотического веретена, идущие в направлении к центриолям. Эти пучки микротрубочек принимают участие в движении хромосом к полюсам клетки при митозе. Некоторые хромосомы имеют вторичную перетяжку, расположенную вблизи дистального конца хромосомы и отделяет маленький участок – спутник. Размеры и форма спутника постоянны для каждой хромосомы, как и размер и протяженность вторичных перетяжек. Вторичные перетяжки связанны с образованием ядрышка (ядрышковые организаторы).

Плечи хромосом оканчиваются конечными участками – теломерами. Теломерные концы хромосом не способны соединяться с другими хромосомами или их фрагментами, в отличие от концов хромосом, лишенных теломерных участков (в результате разрывов), которые могут присоединяться к таким же разорванным концам других хромосом.

По расположению первичной перетяжки (центромеры) выделяют следующие типы хромосом:

1. Метацентрическая – центромера расположена посередине, плечи равной или почти равной длины, в метафазе приобретает V-образную форму;

2. Субметацентрическая – первичная перетяжка слегка сдвинута к одному из полюсов, одно плечо немного длиннее другого, в метафазе имеет L-образную форму;

3. Акроцентрическая – центромера сильно сдвинута к одному из полюсов, одно плечо гораздо длиннее другого, в метафазе не перегибается и имеет палочковидную форму;

4. Телоцентрическая – центромера располагается на конце хромосомы, но такие хромосомы в природе не обнаружены.

Кроме обычных хромосом в некоторых клетках обнаружены гигантские хромосомы, образующиеся в результате эндомитоза. Имеется и другая группа хромосом – хромосомы типа ламповых щеток, они имеют центральную ось и боковые выросты.

Размеры хромосом у разных организмов могут колебаться от 0,2 до 50 мкм. Самые мелкие хромосомы обнаруживаются у некоторых простейших, грибов, водорослей, очень мелкие хромосомы – у льна и морского камыша. Наиболее длинные хромосомы обнаружены у некоторых прямокрылых насекомых, у амфибий и у лилейных. Длина хромосом человека находится в пределах 1,5–10 мкм. Толщина хромосом варьирует от 0,2 до 2 мкм.

В интерфазном ядре различные участки хромосом неоднородно окрашиваются основными красителями. Наиболее интенсивно окрашивающиеся участки называются гетерохроматиновыми, слабо – эухроматиновыми.

Гетехроматиновые участки в интерфазе не деспирализуются и сохраняются в виде хромоцентров. Локализация их в различных хромосомах неодинакова. Эухроматиновые участки хромосом во время интерфазы находятся в деспирализованном состоянии и вновь спирализуются в профазе следующего деления. Эти участки содержат основной комплекс генов, поэтому их считают активной зоной хромосом.

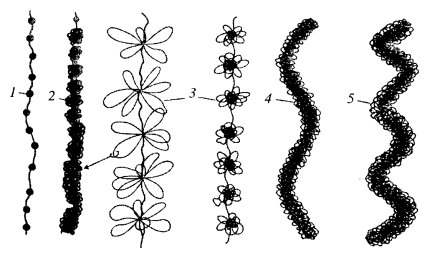
Молекулярное строение ДНК гетерохроматиновых участков хромосом более лабильно по сравнению со строением ДНК эухроматиновых участков. Гетерохроматиновые участки не содержат генов, контролирующих развитие признаков организмов, а оказывают лишь количественное их проявление, а так как эти участки в генетическом отношении инертны, то их потеря не отражается на функционировании клетки. При воздействии различными химическими реактивами хромосомы разрываются именно в этих местах.

**2. Биохимический состав хромосом. Структурная организация хроматина**

Хромосомы в составе интерфазного ядра находятся в деконденсированном состоянии (не уплотненные). В составе хромосом обнаружены ДНК, РНК, гистоны (основные белки), кислые белки, липиды. Из минеральных соединений выделены ионы кальция и магния. РНК и кислые белки – это продукты функциональной активности хромосом и не играют существенной роли в их организации. Основную массу хромосомы составляет гигантская фибрилла ДНП (дезоксирибонуклеопротеид) около 90 %.

Минеральные компоненты (ионы кальция и магния) придают хромосомам пластичность, и их удаление делает хромосомы очень хрупкими.

В ядре эукариотической клетки ДНК упакована в хроматин. Это характерная особенность организации генома эукариот. Линейные размеры ДНК значительно превышают диаметр клетки. При упаковке ДНК в клеточном ядре происходит многократное сокращение линейных размеров ДНК (компактизация) (рисунок 15).



1 – нуклеосома, 2 – нуклеомер «сверхбусина», 3 – хромомер, 4 – хромонема, 5 – хромосома

**Рисунок 15 – Схема различных уровней компактизаци**.

Выделяют следующие уровни компактизации:

**1. Нуклеосомный**. Нуклеосома – дисковидная частица, которая образуется в результате скопления белка гистона. Каждая нуклеосома содержит примерно 200 нуклеотидных пар ДНК, связанной с октамерной частицей, состоящей из белков-гистонов – по две копии Н2А, Н2В, Н3 и Н4. Первые два (Н3 и Н4) богаты аргинином, два другие (Н2А и Н2В) – лизином. Это сердцевинные гистоны. Молекула гистона Н1 является мономером и расположена снаружи нуклеосомы, т.к. ее удаление не влияет на структуру частицы. Молекула ДНК образует два неполных витка вокруг октамера. Период такой организации ДНК – примерно 200 нуклеотидных пар ДНК. Участок ДНК между двумя нуклеосомами называется линкером, т.е. ДНК длиной 146 нуклеотидных пар обматывается вокруг октамера, еще около 50 нуклеотидных пар приходится на линкер. Сокращение длины хромосомы за счёт этого уровня – в 6,2 раза.

**2. Нуклеомерный («сверхбусина»)**. Это фибрилла, состоящая из нуклеомеров (сближенных нуклеосом) и одиночных нуклеосом Характер упаковки нуклеосом в составе фибриллы хроматина диаметром 30 нм может быть различен: по типу соленоида (спиральный тип укладки), или по нуклеомерному типу (4-12 нуклеосом образуют глобулу). Нуклеомерная укладка хроматина содействует укорочению нити ДНК приблизительно в 6 раз, а оба уровня приводят к компактизации ДНК в среднем в 50 раз (42-60).

**3. Хромомерный** **или петлевой**. Образуются петли фибрилл ДНП, объединенных скрепками из негистоновых фибрилл.

**4. Хромонемный**. Петли укладываются в стопки (хромонемы).

**5. Хромосомный.** Хромонемы сближаются, получаются плотные образования, хорошо видимые в световой микроскоп – хромосомы.

**3. Политенные хромосомы и их характеристика**

Политенные хромосомы от греч. poly – много и tenia – нити. В результате прохождения только интерфазы в период покоящейся клетки, ядро (интерфазное) может содержать хромосомы во много раз больших размеров. Политенные хромосомы возникают в результате эндорепликации, при которой вновь образующиеся хроматиды не расходятся, а их количество значительно увеличивается. Встречается у личинок двукрылых насекомых, в эндосперме семени. Подобные хромосомы называют политенными. Они состоят из дисков – хромомер, продольных фибрилл. Центромеры агрегатируются с образованием хромоцентра, который состоит из гетерохроматина. Эти диски образуют цитологическую карту хромосом. Активные участки (сайты) политенных хромосом, некоторые диски иногда «разбухают» или образуют пуфы (кольца Бальбиани), на них идёт синтез РНК.

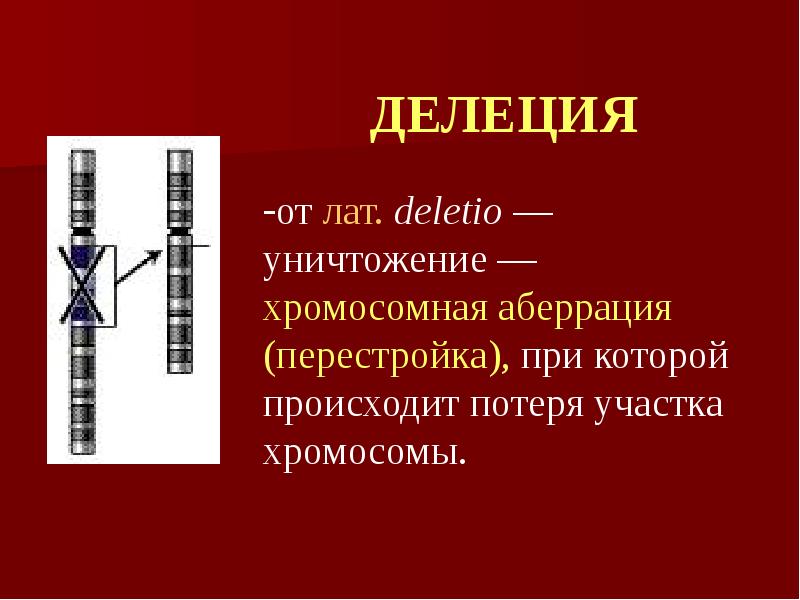
**5. Нарушения структуры хромосом**

Нарушение структуры хромосом происходит в результате спонтанных или спровоцированных изменений:

* Генные (точковые) мутации изменения происходят на молекулярном уровне;
* Аберрации: делеции, дупликации, транслокации, инверсии.

Делеция (лат. deletio – уничтожение) – хромосомная аберрация (перестройка), при которой происходит потеря участка хромосомы (рисунок 16). Причиной может быть разрыв хромосомы или результат неравного кроссинговера.

Делеции могут быть интерстициальные (потеря внутреннего участка) и терминальные (потеря концевого участка).



**Рисунок 16 – Делеция**

Дупликации (лат. duplicatio – удвоение) – структурная хромосомная мутация, заключающаяся в удвоении участка хромосомы (рисунок 17).



**Рисунок 17 – Дупликация**

Транслокация – тип хромосомной мутации, в ходе которой происходит обмен участками негомологичных хромосом, но общее число генов не изменяется.

Инверсии – это изменение структуры хромосом, вызванное поворотом одного из внутренних участков на 180 °.

**4. Функции хромосом**

1. Способность к самовоспроизведению.
2. Сохраняет (неизменно) все свойства в ряду клеточных поколений на протяжении всего периода жизни.
3. Передача (через транскрипцию РНК) и реализация (трансляция, синтез белка) наследственной информации.

Эти функции хромосомы выполняют в различные периоды жизнедеятельности и митотического цикла клетки, поэтому они обладают способностью изменять структуру и морфологию.

**Тема: Деление соматической клетки**

**1. Понятие о митозе, митотический цикл.**

Митоз – непрямое деление клетки (кариокинез).Впервые на растительных клетках был описан в 1874 г. И. Д. Чистяковым изучавшим стадий (фазы) митоза в спорах плаунов и на животных клетках А. Ковалевским в 1871 г. Более подробные описания митотического цикла были даны в 1873 г. Шлейхер (описал деление ядра – кариокинез), в 1882 г. Флеммингом (подробно описал деление ядра, приводящее к образованию двух ядер), в 1884 г. Страсбургером (обратил внимание на единство процессов клеточного деления в растительных и животных клетках) и др. Митотическое деление в норме заканчивается появлением двух дочерних клеток, каждая из которых содержит набор хромосом и генов, идентичных родительской клетке. В течение жизни соматических клеток возможны десятки и даже сотни последовательных митозов.

Митотический цикл – это совокупность последовательных и взаимосвязанных процессов в период подготовки клетки к делению (в период интерфазы), а также на протяжении самого митоза (рисунок 18). По времени длится от конца одного до начала другого деления клетки.



**Рисунок 18 – Схема митотического цикла**

Митотичесикй цикл состоит из:

1. Интерфазы (85 % или 10–30 часов)
2. Собственно митоза (15 % или 1–2 часа):

* Профаза
* Метафаза
* Анафаза
* Телофаза.

Интерфаза состоит из трех периодов:

1. Пресинтетический (G1 2n2c, где n – число хромосом, c – число молекул ДНК), когда осуществляется синтез специфических белков и др. процессы подготавливающие клетку к синтезу ДНК. В этот период накапливаются богатые энергией вещества, нуклеотиды, аминокислоты, ферменты, необходимые для удвоения генетического материала. Стадия G1 может продолжаться от 2 ч до нескольких недель или даже месяцев.

2. Синтетический (S 2n4c), когда синтезируется ДНК, т.е в клетке происходит удвоение генетического материала путем репликации (самоудвоение) молекулы ДНК. Продолжительность стадии S 6–12 ч.

3. Постсинтетический, или премитотический (G2 2n4c). В этот период начинается спирализация молекул ДНК, синтез белков, входящих в состав хромосом, ферментов и энергетических веществ, необходимых для нормального течения митоза, а также синтез белков, идущих на построение митотического аппарата клетки (митотического веретена).

Стадии G2 длится от получаса до нескольких часов. Далее начинается собственно митоз – деление клетки.

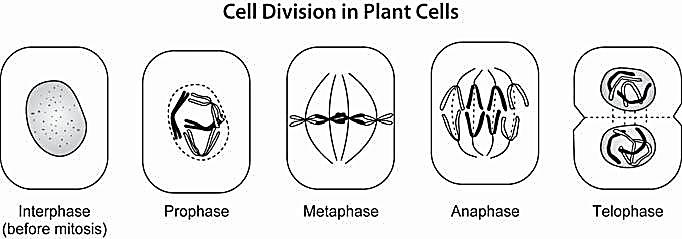
**2. Фазы митоза и их характеристика**

**Профаза** (2n 4c) – исчезновение ядерных мембран, расхождение центриолей к разным полюсам клетки, формирование нитей веретена деления, исчезновение ядрышек, конденсация двухроматидных хромосом (рисунок 19). Длится фаза около 30 мин – 1 ч.

**Метафаза** (2n 4c) – выстраивание максимально конденсированных двухроматидных хромосом в экваториальной плоскости клетки (метафазная пластинка), прикрепление нитей веретена деления одним концом к центриолям, другим – к центромерам хромосом.

**Анафаза** (4n 4c) – деление двухроматидных хромосом на хроматиды и расхождение этих сестринских хроматид к противоположным полюсам клетки (при этом хроматиды становятся самостоятельными однохроматидными хромосомами).

**Телофаза** (2n 2c в каждой дочерней клетке) – деконденсация хромосом, образование вокруг каждой группы хромосом ядерных мембран, распад нитей веретена деления, появление ядрышка, деление цитоплазмы (цитотомия). Цитотомия в животных клетках происходит за счет борозды деления, в растительных клетках – за счет клеточной пластинки.



**Интерфаз Профаза Метафаза Анафаза Телофаза**

**Рисунок 19 – Схема митоза**

**3. Цитокинез**

Митоз включает не только деление ядра (кариокинез), но и деление цитоплазмы – цитокинез (цитокиния, плазмотомия). В клетках животных в полюсе возникает бороздка, которая углубляется. Образование такой бороздки представляют как сокращение кольцевого участка поверхностного слоя цитоплазмы (рисунок 20).



**Рисунок 20 – Схема цитокинеза**

В месте смыкания кольцевидной борозды остается крошечное тельце (остаток нитей веретена). У клеток растений этот процесс начинается от профазы. Все органоиды клетки выстраиваются по веретену, как бы обрамляя его. В метафазу цитоплазматическая мембрана и др. органоиды локализованы по периферии клетки. В зоне веретена (особенно около полюсов) находится большое количество мелких пузырьков и лизосом – это состояние сохраняется в анафазу. В телофазе в области экватора закладывается клеточная стенка и происходит деление органоидов между дочерними клетками, при чем, деление может быть не в равном количестве. Потом все необходимые органоиды восстанавливаются, так из промитохондрий образуются митохондрии, из пропластид – пластиды, рибосомы образуются от ядрышек и т.д. В месте контакта двух разделившихся клеток формируется небольшое тельце – фрагмопласт (остаток нитей веретена).

Таким образом, дочерние клетки, возникшие в результате деления митоза, содержат ту же информацию, что и исходная клетка, но по количеству цитоплазмы и ее органоидов они могут иметь существенные различия. После цитокинеза клетка может вступить в следующий митотический цикл или перейти в состояние дифференциации.

**4. Нарушения митоза**

При различных патологических процессах нормальное течение митоза нарушается. Выделяют 3 основных вида:

1) повреждения хромосом (набухание, склеивание, фрагментация, образование мостов, повреждения центромеров, отставание отдельных хромосом при движении, нарушение их спирализации и деспирализации, раннее разъединение хроматид, образование микроядер;

2) повреждения митотического аппарата (задержка митоза в метафазе, многополюсный, моноцентрический и асимметричный митоз, трёхгрупповая и полая метафазы);

3) нарушения цитотомии.

Патологические митозы возникают после воздействия митотических ядов, токсинов, экстремальных факторов (ионизирующее излучение, аноксия, гипотермия), при вирусной инфекции и в опухоли. Резкое увеличение числа патологических митозов типично для злокачественных опухолей

Результатом нарушения митоза являются:

1. Полиплоидизация:

Анеоплоидия – увеличение или уменьшение числа хромосом не кратное числу хромосом (моносомия 2n-1, нулисомия 2n-2, трисомия 2n+1, тетрасомия 2n+2);

Аллополиплоидия – многократное умножение хромосомных наборов различной структуры (соматическое удвоение числа хромосом у гибридов при отдаленной гибридизации);

Автополиплоидия – кратное увеличение хромосом в пределах одного вида (не расхождение хромосом к полюсам).

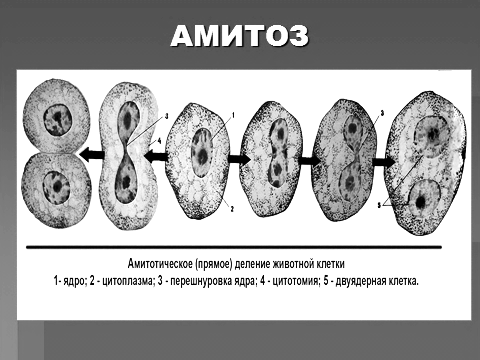
2. Многоядерность – это увеличение количества ядер в клетке.Возникает, когда митоз (деление ядра) происходит нормально, но отсутствует стадия деления клеток. Результатом этого является образование многоядерных клеток. Деление многоядерных клеток происходит редко. Делятся они в основном путем амитотоза, при этом дочерние клетки получают неравнозначное число ядер.

**5. Амитоз**

Наряду с митозом существует и другой вид деления соматических клеток, так называемое прямое их деление, или *амитоз* (от греч. a – без и mitos –нить), когда ядро клетки делится пополам простой перетяжкой (рисунок 21).

Путем амитоза делятся клетки простейших организмов, специализированные клетки (клетки печени у животных, клетки стенок завязи у растений, паренхимы клубней).

В период, предшествующий началу митоза, также происходит удвоение количества ДНК, но хромосомы и веретено деления под микроскопом в ядрах не обнаруживаются и распределение ядерного вещества между дочерними клетками и по количеству и в качественном отношении происходит неравномерно.



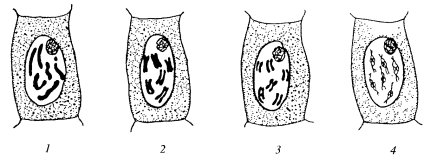
**1 – ядро, 2 – цитоплазма, 3 перешнуровка ядра, 4 – цитотомия, 5 – двуядерная клетка**

**Рисунок 21 – Амитоз животной клетки**

Как правило, амитоз встречается в полиплоидных, отживающих или патологически измененных клетках и ведет к образованию многоядерных клеток. В последние годы факт существования амитоза как способа нормальной репродукции клеток отрицается.

**6. Эндомитоз**

**Эндомитоз** (от лат. эндо и митоз) − процесс удвоения числа хромосом в ядрах клеток многих протистов, растений и животных, за которым не следует деления ядра и самой клетки (рисунок 22).



**1 – эндопрофаза, 2 – эндометафаза, 3 – эндоанафаза, 4 – эндотелофаза**

**Рисунок 22 – Схема эндомитоза в клетках шпината**

Отличительные особенности эндомитоза:

* не происходит разрушения ядерной оболочки и ядрышка;
* не происходит образование веретена деления;
* не реорганизуется цитоплазма;
* хромосомы проходят циклы спирализации и деспирализации.

Повторные эндомитозы приводят к возникновению полиплоидных ядер, отчего в клетке увеличивается содержание ДНК.

Также эндомитозом называют многократное удвоение молекул ДНК в хромосомах без увеличения числа самих хромосом, в результате образуются политенные хромосомы. При этом происходит значительное увеличение количества ДНК в ядрах.

**Тема: Деление половых клеток**

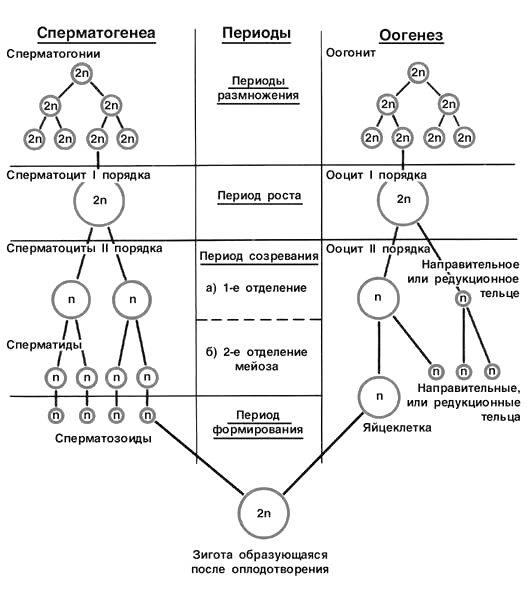
**1. Понятие о мейозе и его типах**

**Мейоз** (от греч. meiosis – уменьшение) – особый тип деления клетки, при котором происходит кратное уменьшение (редукция) набора хромосом и преход клеток из диплоидного состояние в гаплоидное. Мейотическое деление впервые было открыто в 1884 г. В 1885−1898 гг. то же явление было описано В. И. Беляевым, Э. Страсбургером (1888 г.), В. Флемингом (1889 г.).

Существует несколько типов мейоза:

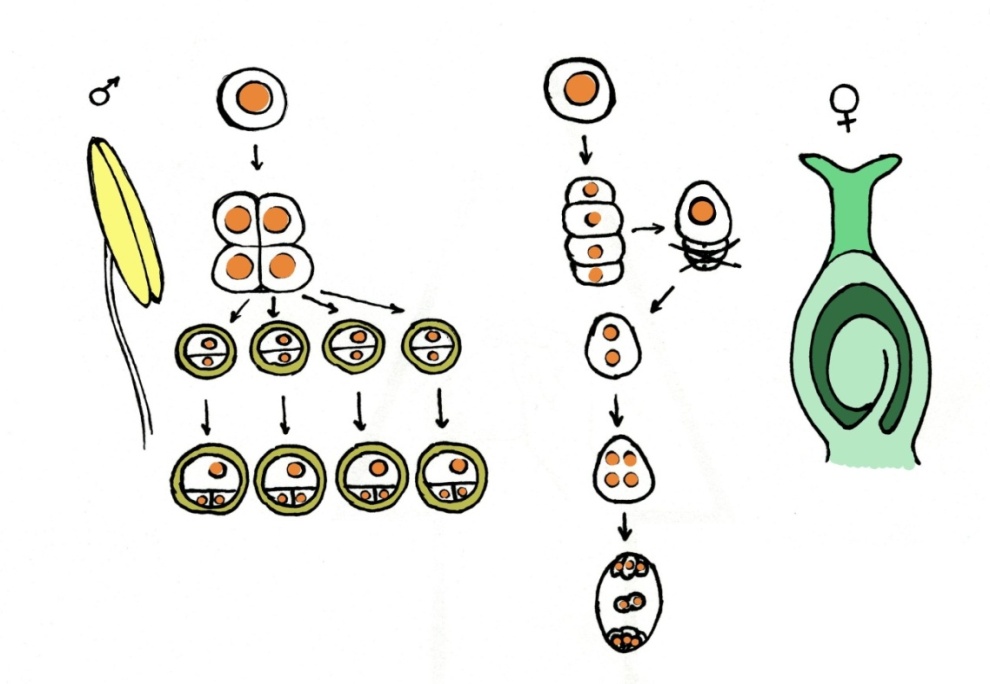
1. Зиготный (начальный) характерен для многих грибов (аскомицетов, базидиомицетов), некоторых водорослей. Мейоз наступает сразу после слияния гамет (сингамии), при первом же делении зиготы. В жизненном цикле организма преобладает гаплоидная фаза, а диплоидная фаза сведена к существованию одной клетки – зиготы.

2. Гаметный (или конечный ) характерен для всех многоклеточных животных, человека, простейших, некоторых низших растений. Происходит в диплоидных гаметообразующих клетках. В жизненном цикле преобладает диплоидная фаза. Гаплофаза же предельно редуцирована и представлена гаплоидными клетками – сперматозоидами и яйцеклеткой. Так, мейоз у человека происходит в первичных диплоидных половых клетках: сперматогониях у мужчин или оогониях у женщин (рисунок 23).



**Рисунок 23** – **Схема гаметного типа мейоза у человека**

3. Споровый (или промежуточный) характерен для высших растений, ряда водорослей, мхов (рисунок 24).



**Рисунок 24 – Спорогенез и гаметогенез у цветковых растений**

У высших растений мейоз происходит в диплоидных клетках спорогенной ткани (материнских клетках спор) и заканчивается образованием гаплоидных спор (а не гамет), которые еще несколько раз делятся митотически, в результате чего формируются женские (яйцеклетка) и мужские (спермии) гаметы.

Для всех трех типов ход мейоза одинаков (универсален). В результате мейоза из одной исходной диплоидной клетки образуются четыре гаплоидные дочерние клетки.

**2. Мейотический цикл**

Мейоз состоит из двух циклов (редукционного и эквационного) клеточного деления, в которых можно выделить четыре стадии: профаза, метафаза, анафаза и телофаза. Предшествующая мейозу интерфаза полностью аналогична митотической интерфазе; дупликация хромосом проходит в течение S-периода.

При первом делении **Мейоз-I** происходит уменьшение исходного числа хромосом в два раза и перекомбинация генетического материала между двумя материнской и отцовской хромосомами.

**Профаза-I** подразделяется на пять подстадий: лептонема – стадия тонких нитей; зигонема – стадия спаривания; пахинема – стадия толстых нитей; диплонема – стадия двойных нитей; диакинез – стадия обособления.

**Лептонема** морфологически напоминает раннюю профазу митоза по следующим позициям: 1) хромосомы удвоены, но сестринские хроматиды не удаётся различить; 2) хромосомы имеют вид тонких, слабо извилистых нитей, заполняющих всё ядро.

Отличие лептонемы от ранней профазы митоза заключается в следующем: ядро обычно крупнее и на тонких хромосомах видны сгустки хроматина – хромомеров, которые как бы нанизаны в виде бусинок и располагаются по всей длине хромосомы. Число, размер и расположение хромомеров строго специфично для каждой хромосомы. Это позволяет составлять морфологические карты и использовать их для цитогенетического анализа.

**Зигонема**. Стадия прохождения коньюгации гомологичных хромосом (синапсис). При этом гомологичные хромосомы (уже двойные после S-периода) сближаются и образуют новый хромосомный ансамбль – бивалент. Бивалент – это парные соединения удвоенных гомологичных хромосом, то есть каждый бивалент состоит из 4-х хроматид.

Объединение гомологов начинается в теломерах и центромерах, сближение осевых тяжей, между ними образуются связки и так происходит формирование структуры синаптонемального комплекса (СК).

СК встречается у всех эукариот, которые обладают половым процессом. У прокариот СК обнаружен у водорослей.

**Пахинема** – стадия толстых нитей, называется так потому, что благодаря полной коньюгации гомологов профазные хромосомы как бы увеличились в толщине (диаметре). На этой стадии происходит чрезвычайно важное событие, характерное для мейоза – **кроссинговер**, взаимный обмен идентичными участками по длине гомологичных хромосом. Цитологическим следствием кроссинговера является образование хиазм (х-образных конфигураций гомологичных хромосом).

Весь процесс объединения и обмена между ДНК не сестринских хроматид гомологов можно представить следующим образом:

Молекула ДНК, состоящая из повторяющихся последовательностей нуклеотидов имеет разрывы, которые легко сшиваются и восстанавливаются за счёт включения совершенно новых последовательностей молекулы ДНК, не сестринской хроматиды, пришедшей от гомолога.

В конечном итоге в конце мейоза после второго деления произойдёт не только образование гамет с N числом хромосом, но и в каждой гамете может быть хромосома иных свойств, чем в исходной клетке.

**Диплонема** – начало отталкивания гомологичных хромосом друг от друга в составе каждого бивалента, которое начинается в зоне центромер. По мере отталкивания хромосом в бивалентах хорошо видны хиазмы – места перекрёста и сцепления хромосом. Только в этих местах сохраняется СК. В разошедшихся местах он исчезает.

**Диакинез** характеризуется очень большим укорачиванием бивалентов, уменьшением числа хиазм и исчезновением ядрышек. Хромосомы теряют связь с ядерной мембраной. Ядерная оболочка растворяется.

**Метафаза-I**. Биваленты прикрепляются центромерами к нитям веретена и собираются в метафазной пластине, причём центромеры гомологичных хромосом располагаются на противоположных сторонах пластинки. В М1 гомологичные хромосомы связываются друг с другом переместившимися к концам хромосом хиазмами в отличие от метафазы митоза, когда гомологичные хромосомы не образуют пары.

**Анафаза-I**. Центромеры каждой пары гомологичных хромосом расходятся к полюсам веретена, увлекая за собой по паре хроматид каждой хромосомы. Соединённые ранее концы гомологичных хромосом расходятся, и хромосомы всё более удаляются друг от друга. Важное отличие от митотической анафазы состоит в том, что в А1 мейоза центромеры не делятся.

**Телофаза-I**. После того как перемещение хромосом к полюсам веретена в анафазе завершено, вокруг каждого набора гомологичных хромосом образуется ядерная оболочка и клетка делится на две дочерние.

**Интеркенез** происходит между первым и вторым делением или отсутствует вовсе. В отличие от интерфазы мейоза-I и митоза на этой стадии не происходит синтез ДНК.

**Второе деление Мейоз-II** происходит по типу митоза.

**Профаза-II** – происходит зачастую очень быстро. Хромосомы компактизируются, ядрышки и ядерная оболочка разрушается, формируется веретено деления.

**Метафаза II** – хромосомы (состоящие из двух хроматид) выстраиваются в плоскости экватора. Нити веретена прикрепляются к центромерам (кинетохору). Образуется метафазная пластинка.

**Анафаза II**. Центромера каждой хромосомы продольно делится и сестринские хроматиды (став теперь самостоятельными однохроматидными хромосомами, содержащими по одной молекуле ДНК) расходятся к противоположным полюсам. Хроматиды могут быть неидентичными в результате произошедшего в первом делении кроссинговера. Число же хромосом у каждого полюса остается прежним – гаплоидным.

**Телофаза II** – однохроматидные хромосомы деконденсируются, появляются ядрышки и ядерная оболочка, формируется четыре гаплоидных ядра, которые могут различаться генотипически. В клетке происходит цитокинез.

Заканчивается мейоз образованием четырех дочерних гаплоидных клеток (из каждой диплоидной материнской) с различным сочетанием отцовских и материнских хромосом. Это обеспечивает формирование у одного организма половых клеток (гамет) с равным по числу, но различным по составу набором хромосом, что приводит к генетическому разнобразию в потомстве.

**3. Нарушения мейоза**

На ход прохождения мейоза оказывают влияние возраст организма, экзогенные факторы – температура, радиация, концентрация солей, химические мутагены, лекарства, гормоны.

Все обнаруженные аномалии мейоза сводятся к следующим его событиям:

1. Коньюгацияя хромосом (зигонема);

2. Процесс рекомбинации хромосом или кроссинговер (пахинема);

3. Хиазмообразование и процесс терминации хиазм (диплонема – метафаза I);

4. Процесс расхождения хромосом (нарушения веретена – Анафаза-1, Анафаза-2; выпадение второго деления – Метафаза-2, Профаза-2; отсутствие цитокинеза в Телофаза-1, Телофаза-2)

1. Коньюгацияя хромосом:

а) Отсутствие коньюгации хромосом в зигонеме профаза 1 мейоза – образуются униваленты;

б) отсутствие образования синаптонемального комплекса или асинаптическое мутирование. Возникают не спаренные хромосомы, которые в Анафазе 1 распределяются к полюсам случайно (т. е. у подобных мутантов центромеры делятся неправильно), а именно после разделения центромеры могут отойти к любому из полюсов клети в виде дочерних хромосом. При асинапсисе распределение хромосом по зародышевым клеткам будет случайным, в результате чего возникают микро- и макро ядра. В большинстве случаев асинапсис ведёт к полной стерильности. Асинаптические мутанты выделяют по стерильности цветков и пыльников. Пыльники у таких растений обычно сморщенные, они не выбрасываются из цветка и не растрескиваются. Пыльца в них стерильная, разной формы и часто безъядерная.

2. Процесс рекомбинации хромосом или кроссинговер. Ошибки соединения хроматид (мосты, нехватки (делеции), инверсии, дупликации, транслокации).

3. Хиазмообразование и процесс терминации хиазм:

а) Нарушение хиазмообразования*.* В метафазе 1 видны конгломераты хромосом, ориентация их в экваториальной плоскости нарушена. В результате этих аномалий сильно увеличивается мужская стерильность (процент нормальной пыльцы составляет всего 14,8% при 95% в норме). Подобные случаи будут нести десинаптическую мутацию. Мутанты выявляются в момент выбрасывания пыльников у растений. Пыльники при десинапсисе также как и при асинапсисе обычно сморщенные и не растрескиваются.

б) Преждевременное исчезновение хиазм*.* При этом мейоз превращается в митоз. Появляются единичные, неспаренные хромосомы в метафазе-1. В анафазе 1 распределение их по полюсам будет случайным. При этом нарушении наблюдается возникновение анеуплоидных гамет, то есть гамет с 1n+1 либо с 1n-1.

4. Процесс расхождения хромосом. Нерасхождение хромосом ведёт:

а) к изменению числа наборов хромосом (аллополиплоидия). Аллополиплоид имеет структурно различные хромосомные наборы, но каждый из них может быть представлен по два и большее число раз (два набора обоих родителей – амфидиплоид 2n+2n). Это случается тогда, когда происходит объединение пластинок хромосом в А-I, слияние двух метафаз 2 и объединение пластинок хромосом в анафазе 2. Вместо тетрад образуются диады и в пыльцевых клетках получается двойной набор хромосом (2n). Зерновки получаются как выполненные, так и сморщенные. Из выполненных зерновок вырастают диплоидные растения, а из сморщенных – триплоидные. Значительная часть (20 %) сморщенных зерновок не прорастает.

б) Нарушение процесса расхождения хромосом ведёт к изменению числа отдельных хромосом (нерасхождение какой-либо пары гомологов – анеуплоидия).

Анеуплоиды возникают тогда, когда обнаруживается многополюсность. В результате любых нарушений процесса расхождения хромосом возникают несбалансированные гаметы, как следствие от 10 до 90% пыльцы стерильно.

**5. Мейоз у автополиплоидов и амфидиплоидов**

Автополиплоид – это полиплоид, имеющий в своём составе более двух наборов хромосом одного и того же вида. Автополиплоиды часто характеризуются снижением фертильности. Хотя каждое семя у полиплоида крупнее, чем у исходной формы, но количество семян на растение может быть меньше. Причины этого кроются в нарушении мейоза. Так как при переходе растения на тетраплоидный или другой полиплоидный уровень наблюдается неполная «реализация» гомологии. То есть гомологи на полиплоидном уровне не коньюгируют единой ассоциацией. Во-первых, при коньюгации здесь формируются не биваленты, а квадриваленты и всего лишь на 2/3 хромосом, а остальные хромосомы либо соединяются в биваленты или триваленты, либо остаются в неассоциированном состоянии (униваленты). Это нарушение сказывается на процессе расхождения хромосом в анафазе-1.

В результате нарушения мейоза и особенно численно несбалансированных расхождений хромосом в анафазе 1 у автополиплоидов формируются гаметы, несбалансированные по числу хромосом. Последние – виновники появления анеуплоидных организмов. Мейоз у анеуплоидов ещё более нарушен, поскольку у них гораздо чаще встречаются триваленты и униваленты. Однако снижение фертильности может быть преодолено путём селекции. У триплоида сахарной свёклы в первом делении мейоза образуются не биваленты, а триваленты, при расхождении которых в анафазе 1 две хромосомы могут отойти к одному полюсу, а третья к другому. В результате такого деления образуются гаметы с 11 и 22 хромосомами. Гаметы с промежуточным числом будут стерильны – 1 %.

Японскими генетиками была разработана система «Х-я» тетраплоидная (2n=44) и диплоидная формы арбуза (2n=22). Гибриды между ними являются триплоидами, а поэтому бессемянными, они имеют крупные плоды и большую устойчивость к заболеваниям.

Амфидиплоиды – имеют два набора хромосом обоих родителей, то есть это двойной диплоид 2n+2n. Эта возможность была впервые получена (доказана) Карпеченко в опытах по межвидовому скрещиванию редьки с капустой. Эти виды имеют одинаковое число хромосом 2n=18. Число хромосом удваивается 2n=36. Получается гамета с числом хромосом n=18. От слияния таких гамет при оплодотворении получается амфидиплоидный гибрид, имеющий 36 хромосом (18 от редьки и 18 от капусты). Мейоз протекает у них вполне нормально, редечные хромосомы коньюгируют со своими редечными гомологами, капустные с капустными, образующиеся гаметы диплоидны и содержат по 9 редечных и 9 капустных хромосом. Эти гаметы будут жизнеспособными.

**4. Биологическое значение мейоза и его отличия от митоза**

Мейоз происходит в пыльниках цветковых почек и в материнской клетке мегаспор, находящихся в семяпочке. В процессе мейоза число хромосом в клетке становится гаплоидным. Диплоидное число хромосом восстанавливается в процессе оплодотворения при слиянии двух гаплоидных половых клеток – отцовской и материнской.

Генетическое значение мейоза сводится к трем основным моментам:

1. Мейоз является механизмом, поддерживающим видовое постоянство числа хромосом;
2. Мейоз обеспечивает генетическую разнородность гамет благодаря случайной перекомбинации материнских и отцовских хромосом;
3. Мейоз вызывает образование хромосом нового генетического состава благодаря обмену участками гомологичных материнских и отцовских хромосом.

Мейоз имеет отличительные особенности от митоза и некоторые сходства.

Сходства:

1. Имеют одинаковые фазы деления (профаза, метафаза, анафаза, телофаза).

2. Перед митозом и мейозом в синтетический период происходит репликация ДНК, образование двухроматидных хромом (число хромосом 2n, молекул ДНК – 4n).

Отличия:

1. После [митоза](http://bio-faq.ru/zubr/zubr021.html) получается две клетки, а после мейоза – четыре.

2. После митоза получаются соматические клетки (клетки тела), а после мейоза – половые клетки (гаметы – сперматозоиды и яйцеклетки; у растений после мейоза получаются споры).

3. После митоза получаются одинаковые клетки (копии), а после мейоза – разные (происходит рекомбинация наследственной информации).

4. После митоза [количество хромосом](http://bio-faq.ru/zubr/zubr093.html) в дочерних клетках остается таким же, как было в материнской, а после мейоза уменьшается в 2 раза (происходит редукция числа хромосом; если бы её не было, то после каждого оплодотворения число хромосом возрастало бы в два раза; чередование редукции и оплодотворения  обеспечивает постоянство числа хромосом).

5. В митозе одно деление, а в мейозе – два (из-за этого получается 4 клетки).

6. В профазе первого деления мейоза происходит конъюгация (тесное сближение гомологичных хромосом) и кроссинговер (обмен участками гомологичных хромосом), это приводит к перекомбинации (рекомбинации) наследственной информации.

7. В анафазе первого деления мейоза происходит независимое расхождение гомологичных хромосом (к полюсам клетки расходятся двухроматидные хромосомы). Это приводит к рекомбинации и редукции.

8. В интерфазе между двумя делениями мейоза удвоения хромосом не происходит, поскольку они и так двойные.

Второе деление мейоза ничем не отличается от митоза. Как и в митозе, в анафазе II мейоза к полюсам клетки расходятся одинарные сестринские хромосомы (бывшие хроматиды).

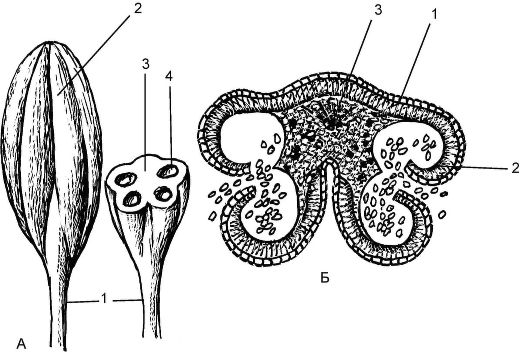
**Тема: Микро- и мегаспорогенез.**

**Развитие женского и мужского гаметофита**

**1. Микроспорогенез. Развитие пыльцевого зерна**

Тычинки образуются из комплекса меристематических клеток. Из нижней части развивается тычиночная нить, из верхней – пыльник. Совокупность тычинок одного цветка называется – андроцей. Количество тычинок варьирует от одной (орхидные, канновые) до нескольких сотен (мимозные). Тычинки могут быть свободными или сросшимися (однобратсвенные, двубратсвенные, братственные, многобратственные), отличаться по длине (двухсильные, трехсильные, четырехсильные, равные по длине, не равные).

Тычинка состоит из тычиночной нити и пыльника (рисунок 25).



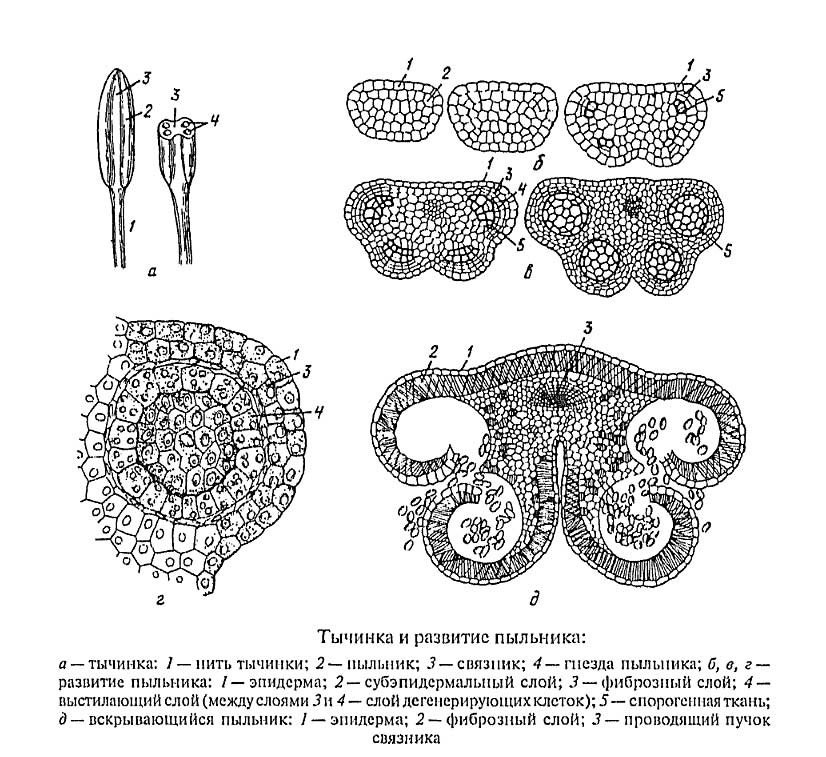
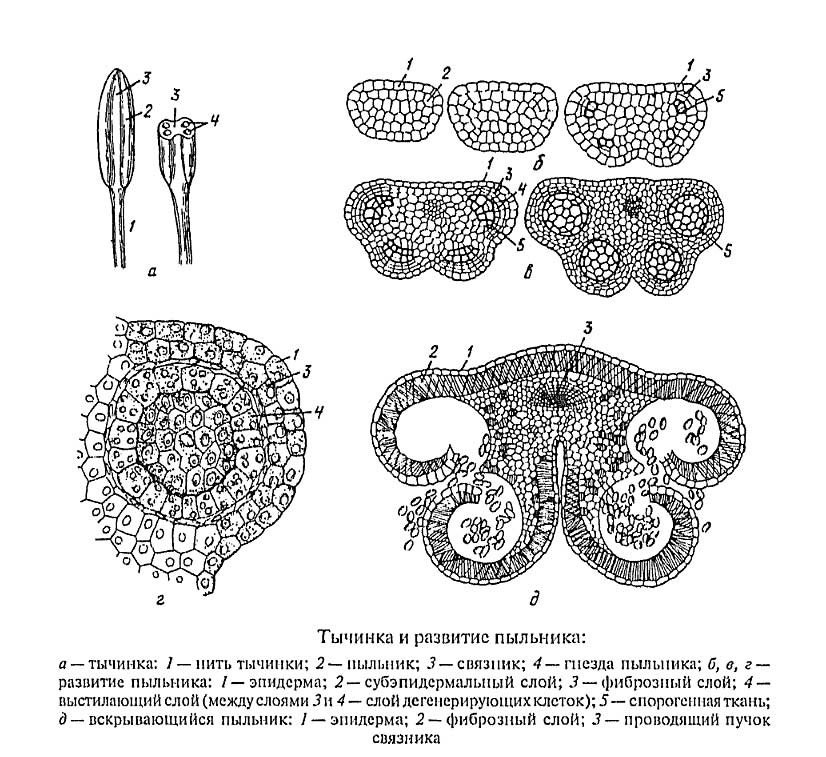
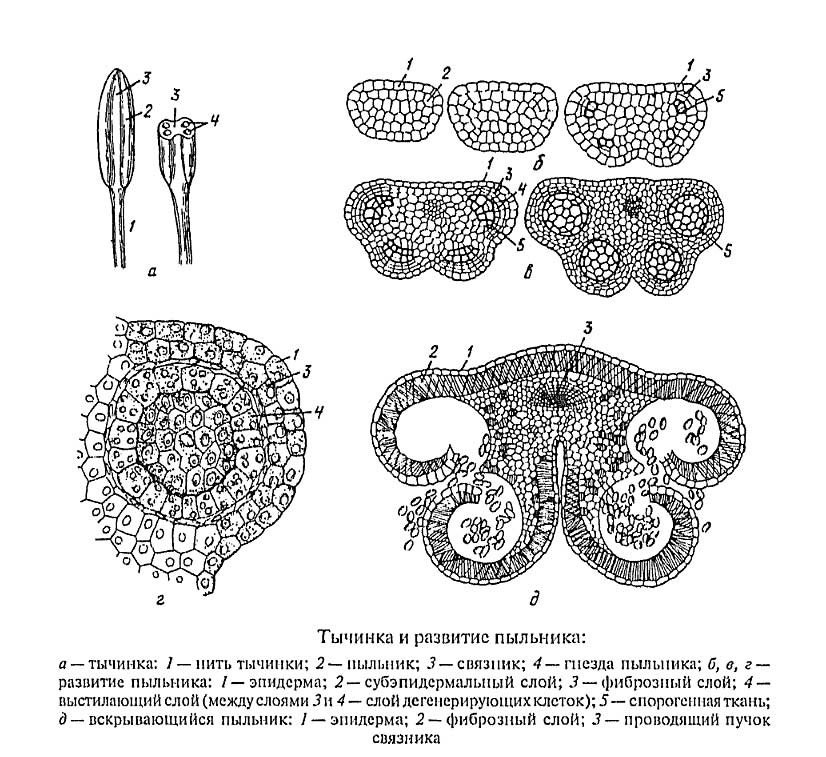
1 – тычиночная нить, 2 – пыльник, 3 – связник, 4 – гнезда пыльника

**Рисунок 25 – Строение тычинки**

Тычиночная нить и пыльник имеет эпидерму с кутикулой и устьицами. Основная ткань – паренхима, система межклетников развита слабо, в вакуолях имеются пигменты, в центре – проводящий пучок.

Пыльник имеет, теки, соединенные связником. Каждая тека имеет два, реже одно, пыльцевых гнезда. В пыльнике происходят два основных процесса: микроспорогенез и микрогаметогенез.

Микроспорогенез – образование микроспор в пыльниках цветковых растений, сопряженный с мейозом. На ранних стадиях онтогенеза пыльник состоит из однородных клеток, окруженных эпидермой (рисунок 26).



А Б

А – развитие пыльника: 1 – эпидерма, 2 – субэпидермальный слой, 3 – фиброзный слой, 4 – выстилающий слой (между 3 и 4 – слои дегенерирующих клеток), 5 – спорогенная ткань; Б – вскрывающийся пыльник: 1 – эпидерма, 2 – фиброзный слой, 3 – проводящий пучок

**Рисунок 26 – Развитие пыльника**

Стенка пыльника четырёхслойная, она состоит: из экзотеция (эпидерма); эндотеция (фиброзный слой); среднего слоя и тапетума (выстилающая ткань). Клетки экзо- и эндотеция выполняют защитную функцию. Клетки среднего слоя обеспечивают вскрывание пыльника. Двуядерные клетки тапетума обеспечивают поступление веществ к развивающимся микроспороцитам, микроспорам и пыльцевым зёрнам.

После ряда последовательных митотических делений клеток спорогенной ткани, формируются диплоидные клетки микроспор (микроспороциты). Материнские клетки микроспор в начале примыкают друг к другу и связаны плазмодесмами. В цитоплазме имеются пропластиды, пластиды, митохондрии, рибосомы, аппарат Гольджи, хорошо выражена ЭПС, ядра содержат много ДНК. По мере развития клетки разъединяются, располагаются в полости пыльника свободно и усиленно растут, приступают к делению мейозом каждого микроспороцита возникает четыре (тетрада) гаплоидных микроспор.

Во время профазы 1 деления митозом вокруг микроспор откладывается каллоза, вещества идущие на построение экзины, предохраняющей от обезвоживания.

Существует несколько типов образования тетрад гаплоидных клеток:

1. ***Сукцессивный или последовательный*** (однодольных: пшеница, рожь) при формировании микроспор (мужских спор) цитокинез, происходящий после первого деления мейоза, приводит к формированию диады – двух связанных с друг другом гаплоидных клеток, а после второго деления мейоза – тетрады, в которой четыре гаплоидные клетки окружены общей оболочкой (рисунок 27).



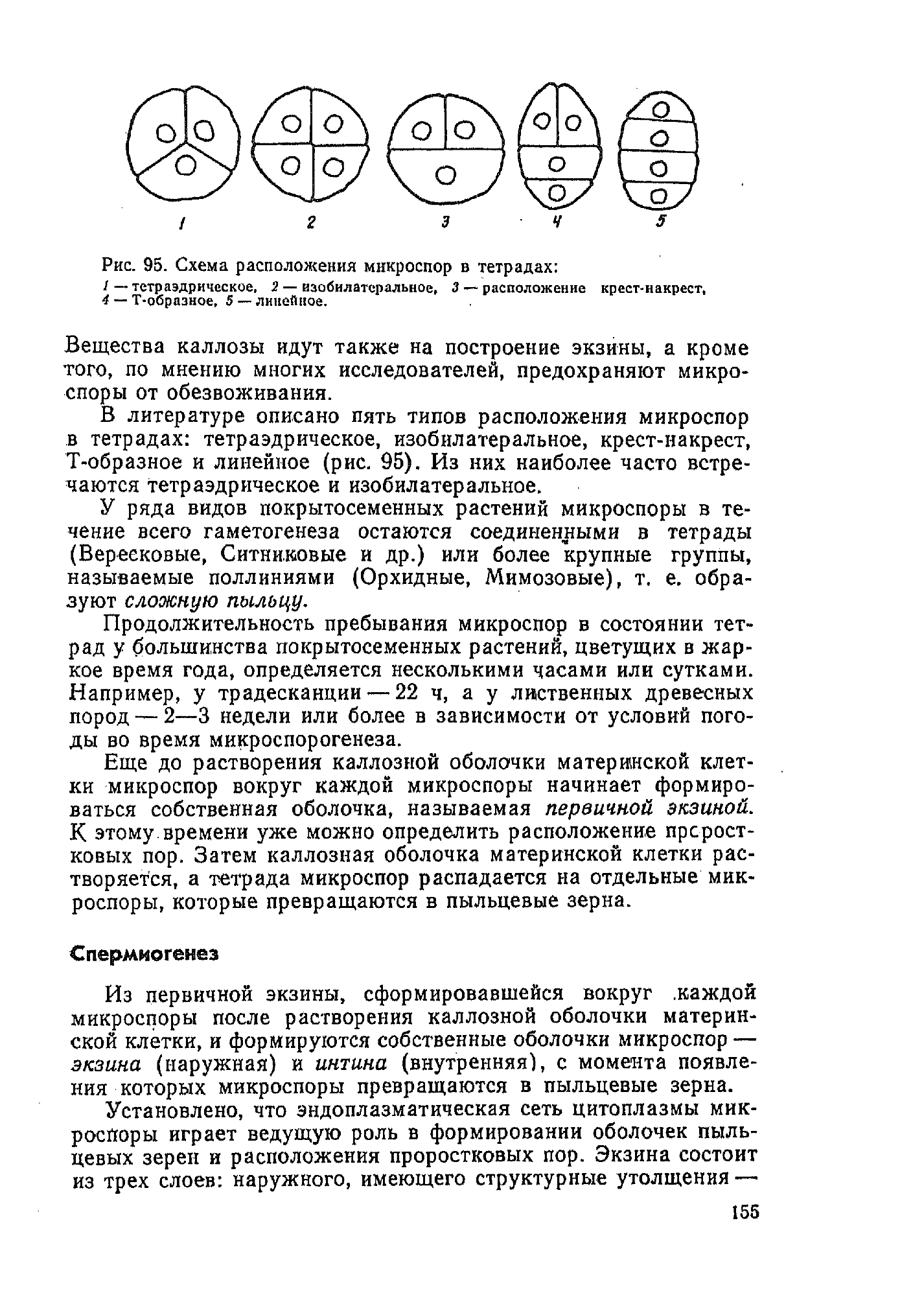
**А – последовательный (сукцессивный) тип, Б – промежуточный тип, В – одновременный (симультанный) тип**

**Рисунок 27 – Типы развития тетрад микроспор у растений**

2. ***Симультанный или одновременный*** (сосна, ель, двудольных: вишня, черешня) клеточные стенки закладываются перпендикулярно друг другу в конце второго деления мейоза.

3. При ***промежуточном типе*** после мейоза I закладывается неполная перегородка между ядрами. Полное разделение материнской клетки на тетраду происходит при завершении второго деления.

Типы расположения микроспор: тетраэдрическое, изобилатеральное, крест-накрест, Т-образное, линейное (рисунок 28).



**1 – тетраэдрическое, 2 – изобилатеральное, 3 – крест-накрест, 4 – Т-образное,**

**5 –линейное**

**Рисунок 28 – Типы расположения микроспор**

**2. Микрогаметогенез**

Процесс образования из микроспор мужского гаметофита называют микрогаметогенезом. Развитие мужского гаметофита покрытосеменных растений сводится к одному делению. Микроспора делится митотически, в результате из каждой микроспоры формируется пыльцевое зерно разнообразной формы специфичной данному виду (шаровидная, эллипсовидная, нитевидная и т.д.). Размер от 2 мкм (незабудка) до 250 мкм (тыква). Совокупность пыльцевых зерен находящихся в гнездах пыльников называется пыльцой. Пыльца состоит из двух клеток и покрыта общей оболочкой (спородермой). Маленькая клетка – генеративная (спермагенная), большая – вегетативная (сифогенная).

Генеративная клетка однократно делится, образуя два спермия, лишенные жгутиков гаплоидные гаметы. В таком состоянии пыльцевое зерно готово к оплодотворению. Сифогенная клетка в дальнейшем преобразуется в пыльцевую трубку.

Пыльцевое зерно имеет две оболочки – наружную (экзину) и внутреннюю (интину). Экзина состоит из 3 слоев: эндэкзина (внутренний слой), мезэкзина (средний слой) и эктэкзина (наружний слой). Экзина содержит стойкие углеводы спорополленины, нерастворимые в кислотах и щелочах. Большинство пыльцевых зерен имеет апертуры – проростковые поры, служащие для выхода пыльцевой трубки.

**3. Мегаспорогенез. Развитие зародышевого мешка**

Совокупность женских генеративных органов в цветке называется гинецеем или пестиком. Полностью сформированный пестик развивается из одного или нескольких сросшихся между собой плодолистиков и имеет завязь, столбик, рыльце.

В зависимости от числа плодолистиков завязь может быть одно-, двух-, трех- и многогнездной. Может быть верхней, нижней, полунижней.

В полости завязи закладываются бугорки семяпочек, где развивается женский гаметофит – зародышевый мешок. Место заложения и прикрепления семяпочек называется семеносцем, или плацентой. Виды плацентаций:

1. *Сутуральная* (краевая) семязачатки располагаются вдоль брюшных швов:

* Центрально-угловая (яблоня, груша, лук, лилии и др.);
* Центрально-осевая или колончатая (гвоздика, первоцвет и др.);
* Постенная или париетальная (фиалка, ива, орхидея и др.).

2. *Ламинальная* семязачатки прикреплены по всей внутренней поверхности завязи или в определенных местах не вдоль брюшного шва (магнолии, лотос и др.).

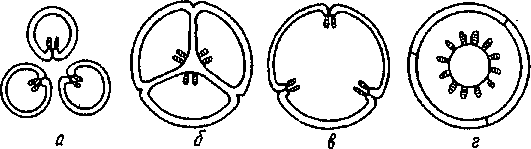
Типы гинецея:

1. *Монокарпный* состоит из одного плодолистика;

2. *Апокарпный* состоит из нескольких свободных плодолистиков;

3. *Ценокарпный* образуется от срастания нескольких плодолистиков и может быть:

* Синкарпный;
* Паракарпный;
* Лизикарпный (рисунок 29).



**Апокарпный Синкарпный Паракарпный Лизикарпный**

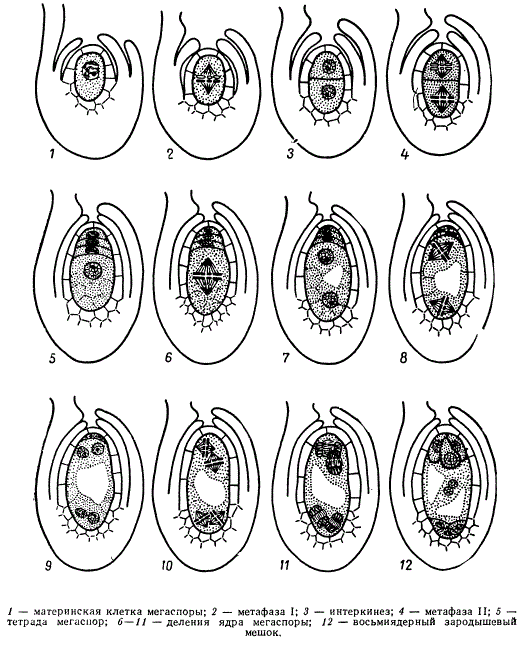
**Рисунок 29 – Типы гинецеев**

Каждому типу гинецеев соответствует определенный тип планцентации.

Как при микроспоргенезе, так и при мегаспорогенезе археспориальная клетка делится мейотически. Возникает тетрада гаплоидных мегаспор и этот процесс называется мегаспорогенез. Чаще мегаспоры располагаются линейно от микропиле к халазе.

Затем начинается процесс мегагаметогенез или формирование зародышевого мешка (рисунок 30). Одна из мегаспор (обычно нижняя) делится быстрее, а остальные три сплющиваются, дегенерируют и рассасываются.

Прорастание мегаспоры и развитие женского гаметофита начинается с разрастания клетки и трехкратного митотического деления ядра мегаспоры. В итоге в клетке мегаспоры формируются восемь ядер, из которых четыре располагаются на микропилярном полюсе и четыре – на халазном. После дифференцировки с каждого полюса к центру отходит по одному ядру (полярные ядра). Оставшиеся ядра обособляются в клетки. На микропилярном полюсе одна клетка большего размера преобразовывается в яйцеклетку, две другие вспомогательные – в синергиды. На противоположном полюсе (халазном) составляют группу антипод. В центре два полярных ядра сливаются, образуя вторичное ядро зародышевого мешка. Так одна мегаспора прорастая внутри семязачатка, образует женский гаметофит.



**1– материнская клетка мегаспоры, 2 – метафаза 1, 3 – интеркенез, 4 – метафаза 2, 5 – тетрада мегаспор, 6–11 – деление ядра мегаспоры, 12 – восьмиядерный зародышевый мешок**

**Рисунок 30 – Мегаспорогенез и мегагаметогенез**

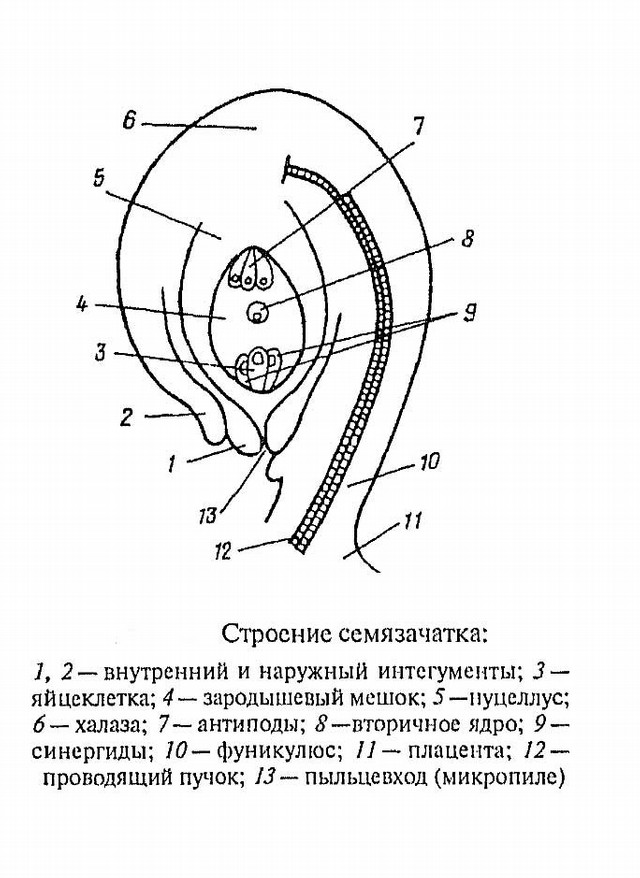
Сформированный зародышевый мешок включает:

1. Яйцевой аппарат (яйцеклетка и две синерниды), расположенный на микропилярном полюсе семязачатка, с гаплоидным набором хромосом;

2. три антиподы, расположенные на халазном полюсе. Клетки гаплоидны.

3. Центральное или вторичное ядро, расположенное в центре. Центральное ядро после слияния двух ядер диплоидно.

Процессы мегаспорогенеза и мегагаметогенеза происходят в семязачатке. Семязачаток формируется из меристематического бугорка, возникающего на плодолистике. Сформированный семязачаток представляет собой многоклеточное образование с двумя, реже одним покровом (рисунок 31).



**1,2 – внутренний и наружный интегументы, 3 – яйцеклека, 4 – зародышевый мешок,**

**5 – нуцеллус, 6 – халаза, 7 – антиподы, 8 – вторичное ядро, 9 – синергиды, 10 – фуникулюс, 11 – плацента, 12 – проводящий пучок, 13 – пыльцевход (микропиле)**

**Рисунок 31 – Строение семязачатка**

В зависимости от строения различают следующие типы семязачатков:

* Ортотропный;
* Анатропный;
* Гемитропный;
* Кампилотропный;
* Амфитропный (рисунок 32).



**Ортотропный Анатропный Гемитропный Кампилотропный Амфитропный**

**Рисунок 32 – Типы семязачатков**

**4. Различные типы зародышевых мешков у различных растений**

В зависимости от числа мегаспор, участвующих в развитии, зародышевые мешки делят на три группы:

1) односпоровые – моноспорические;

2) двуспоровые – биспорические;

3) четырёхспоровые – тетраспорические.

Первый, обычный, наиболее распространённый тип формирования зародышевого мешка из одной мегаспоры (моноспорический). Подобные зародышевые мешки имеют нормальный или полигонум тип (8 ядер, образующихся в результате трёх делений митозом).

Все биспорические зародышевые мешки также являются восьмиядерными, однако, они возникают из двух неразделённых перегородкой мегаспор (два митоза).

И наконец, последние, которые возникают из четырёх мегаспор – тетраспорические. В пределах тетраспорической группы имеются подразделения. Тетраспорические зародышевые мешки распадаются на ряд типов, различающихся по числу делений, имеющих место при их возникновении (один или два митоза подряд), по числу ядер – шестнадцать или восемь и по их расположению.

Зародышевые мешки биспорические и особенно тетраспорические понимаются как эволюционно более совершенные, так как для их образования требуется меньшее число делений. Но распространены они только у 20 % всех исследуемых покрытосеменных растений.

Признаки, по которым отличаются различные типы зародышевых мешков:

1. по числу мегаспор, дающих зародышевому мешку;
2. по числу делений;
3. по числу ядер в зрелом зародышевом мешке;
4. по степени плоидности ядра центральной клетки, возникшего из различного количества полярных ядер;
5. по числу полюсов, к которым расходятся образовавшиеся после всех делений ядра.

**Тема: Опыление и оплодотворение**

**1. Опыление**

**Опыление** – это процесс переноса пыльцы от тычинок на рыльце пестика. Выделяют два типа опыления:

* Самоопыление (автогамия, от греч. аутос – сам);
* Перекрестное (ксеногамаия, от греч. ксенос – чужой).

При самоопылении рыльце опыляется пыльцой того же цветка или пыльцой других цветков этого же экземпляра растений эта разновидность самоопыления называется гейтоногамия (соседственное опыление). Самоопыление способствует изоляции возникших форм при мутациях, обособляя и фиксируя их в чистых линиях.

Перенос пыльцы между цветками разных особей называется перекрестным. Оно свойственно 90 % растений.

У цветковых растений имеются морфологические и физиологические устройства предотвращающие или ограничивающие самоопыление:

1. Дихогамия – разновременное развитие тычинок и пестиков.

2. Протерогинией – раннее созревание зародышевого мешка в семяпочке по сравнению с созревшей пыльцой.

3. Протерандрией – раннее созревание пыльцы по сравнению с созревшим зародышевым мешком в семяпочке.

4. Гетеростилия (разностолбчатость): легитимное пыльца из длинностолбчатых цветков попадает на рыльце короткостолбчатые; иллегитимное – пыльца из короткостолбчатых цветков попадает на рыльце длинностолбчатых.

5. Двудомность – часть популяции мужские особи другая женская.

6 Самонесовметимость – пыльцевая трубка не способна проникнуть через весь столбик к зародышевому мешку. Выделяют следующие типы:

* Гаметофитная;
* Спорофитная;
* Гетероморфная.

Перекрестное опыление осуществляется при помощи ветра (анемофилия), насекомыми (энтомофилия), водой (гидрофилия), орнитофилия (птицы).

**2. Оплодотворение**

Для оплодотворения необходимы следующие условия:

1. Зрелая жизнеспособная пыльца, попавшая на рыльце пестика.

2. Сформировавшийся зародышевый мешок в семязачатке.

Оплодотворению предшествует прорастание пыльцевого зерна. По мере роста трубки в нее переходят ядро вегетативной клетки и оба ядра спермия. Пыльцевые трубки растут по внутренней стенке завязи и достигают семяпочек. Существует различные способы внедрения пыльцевых трубок в зародышевый мешок:

1. Порогамия – пыльцевая трубка врастает в зародышевый мешок через микропиле.

2. Халазогамия – пыльцевая трубка проникает в зародышевый мешок через халазу семяпочки.

3. Мезогамия – врастание пыльцевых трубок через семяножку, интегументы семяпочки и нуцеллус, минуя микропиле.

Проникнув в зародышевый мешок, пыльцевая трубка разрывается (под действием разницы осмотического давления), ее содержимое изливается внутрь. Один спермий сливается с яйцеклеткой и, образуя зиготу (2n), дающая начало развитию зародыша. Второй спермий сливается с вторичным ядром, развивающегося в питательную ткань – эндосперм (3n). Этот процесс называется двойным оплодотворением, впервые описанным в 1898 г. С. Г. Навашиным. Прочие клетки зародышевого мешка (антиподы, синергиды) разрушаются или дегенерируют при проникновении пыльцевой трубки.

В отличие от голосеменных, для которых характерно развитие достаточно мощного гаплоидного эндосперма вне зависимости от оплодотворения, у покрытосеменных ткань образуется только в этом единственном случае. Учитывая огромное количество поколений, таким образом, достигается значительная экономия энергии. Повышение степени плоидности эндосперма, по всей видимости, способствует более скорому росту ткани в сравнении с диплоидными слоями спорофита.

**3. Полиэмбриония и партенокарпия. Ксений**

В каждом семени образуется в основном один зародыш, но в некоторых случаях может развиться несколько зародышей. Это явление получило название многозародышевости, или полиэмбрионии.

Зародыши возникают не только из яйцеклетки, но и:

1. Из всех клеток женского гаметофита (синергид и антипод);

2. Своеобразное развитие зиготы приводит к созданию многоклеточного образования, которое впоследствии само распадается на несколько проэмбрио, либо на основе его развивается несколько зародышей.

3. Зародыши образуются при почковании самого зародыша либо его подвеска.

4. За счет формирования их из разных зародышевых мешков, развивающихся в одном нуцеллусе.

5. Из соматических клеток нуцеллуса и интегумента.

6. В результате развития двух нуцеллусов в одной семяпочке, каждый из которых имеет свой зародышевый мешок.

В случаях полиэмбрионии одни зародыши образуются в результате оплодотворения, другие – без оплодотворения (апомиктично). Поэтому зародыши, развивающиеся в одном семени, могут иметь гаплоидные, диплоидные или полиплоидные числа хромосом.

Полиэмбриония не всегда приводит к образованию зародышей, одинаково способных к прорастанию. Чаще всего большинство зародышей погибает на ранних стадиях развития и к моменту созревания сохраняются лишь некоторые из них

Образование плода начинается обычно после оплодотворения, развитие же семени идет параллельно с развитием плода; если семя не образуется, то обычно не развивается и плод.

Образование плодов без оплодотворения, лишенных семян, называется партенокарпией, т. е. формируются бессемянные плоды. Различают:

1. Стимулятивную партенокарпию – для образования плодов необходимо опыление плодов;

2. Автономную партенокарпию – для образования плодов опыление не требуется.

Партенокарпия имеет большое практическое значение, так как плоды, лишенные семян, отличаются чрезвычайной мясистостью, сочностью и хорошими вкусовыми качествами. Что касается развития пыльцы и зародышевого мешка у партенокарпических видов, то при этом возможно как нормальное их образование, так и нарушение обычного процесса их формирования и дегенерация на разных стадиях развития.

Ксении (греч. ксенос – чужой) – проявление влияния сорта опылителя на эндосперм семян в год опыления, проявление доминирования. Из пары константных признаков проявляется лишь один.

**4. Апомиксис и его типы**

Апомиксис (от греч. аро — частица отрицания, rnixis). Размножение растений и животных без оплодотворения называют апомиксисом.

Сущность этого явления в том, что развитию зародыша не предшествует процесс оплодотворения. В случае апомиксиса он образуется из неоплодотворенной клетки, гаплоидной или диплоидной.

Существуют разные виды апомиксиса:

1. Партеногенез (от греч. parthenos – девственный, genesis – происхождение) – развитие зародыша происходит из неоплодотворенной яйцеклетки. Причем яйцеклетка может быть гаплоидной и диплоидной. В последнем случае яйцеклетка образуется без редукции числа хромосом (манжетка, ястребинка, одуванчик, табак и др.);

2. Апогамия (от греч. аро – частица, обозначающая отрицание, gamos – брак). Зародыш развивается не из яйцеклетки, а из других клеток зародышевого мешка – синергид или антипод (подорожник, лук);

3. Апоспория (от греч. аро – частица, обозначающая отрицание, sporos – семя, спора). Развитие зародыша происходит не из клеток зародышевого мешка, а из клеток спорофита – нуцеллуса или интегументов семяпочки.

**5. Органогенез**

**Органогенез –** процесс развития вегетативных органов, заложившихся еще в зародыше. Исследованиями Ф. М. Купермана и др. (1952-1963) установлено, что в развитии побега покрытосеменных растений наблюдается двенадцать последовательных этапов органогенеза, то есть процесса органообразования (рисунок 33).

Особенности этапов органогенеза:

I этап – проходит в недифференцированном конусе нарастания. Наблюдается в начавшем прорастать семени или в вегетативной почке в начале развития.

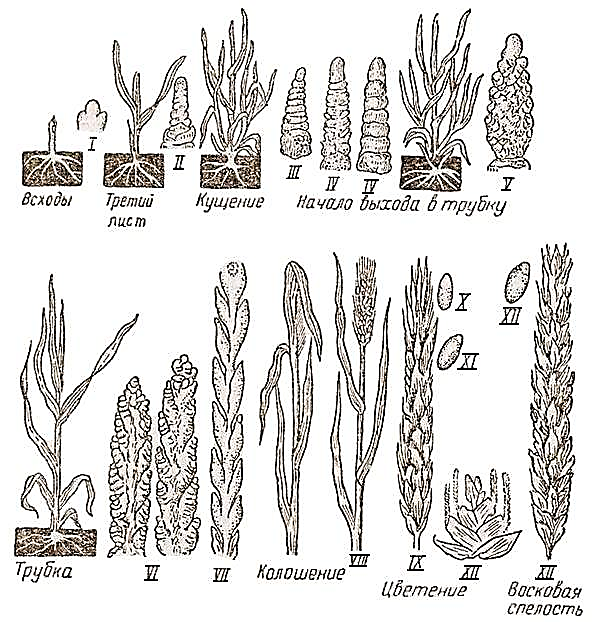
II этап – происходит дифференциация основания конуса нарастания на зачаточные узлы в междоузлия, а также дифференцируются зачатки стеблевых листьев.

III этап – дифференцируется главная ось зачаточного соцветия и появляются зачатки кроющих листьев, прицветников и прицветничков.

IV этап – на зачаточной оси соцветия появляются конусы нарастания второго порядка (зачатки лопастей или веточки соцветия), то есть формируются боковые оси соцветия.

V этап – начало образования и дифференциации цветков. В зачатках тычинок возникают археспориальные клетки.

VI этап – идут процессы формирования цветка – усиленный рост чашелистиков (колосковых чешуй у злаков), заметный рост лепестков венчика (цветковых чешуй у злаков) и увеличение размеров плодолистиков. В материнских клетках микро- и макроспор проходит мейоз.



**Рисунок 33 – Фазы развития и этапы органогенеза пшеницы**

VII этап – завершаются процессы формирования пыльцы, осуществляется гаметогенез.

VIII этап – завершается формирование всех органов соцветия и цветка, происходит цветение.

IX этап – происходит оплодотворение и образование зиготы.

Х этап – протекают процессы роста и формирования плодов и семян.

ХI этап – происходит накопление питательных веществ в семени («налив семян»).

XII этап – превращение накопленных питательных веществ в запасные вещества семени. Семена полностью созревают.

Детальное изучение этапов органогенеза у самых различных растений позволило разработать метод биологического контроля за развитием и ростом растений. Метод биологического контроля включает систему наблюдений за развитием и ростом растений и изучение потребностей растений к условиям внешней среды на разных этапах органогенеза. В настоящее время биологический контроль используют для определения состояния озимых растений в осенний, зимний и весенний период, для прогноза урожая, для определения эффективности подкормок и установления норм и сроков поливов и внесения удобрений. Биологический контроль позволяет более полно и точно оценивать селекционный материал.

**5. ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«ЦИТОЛОГИЯ»**

**Тема 1. Работа с микроскопом и вспомогательными устройствами к нему**

Для поведения цитологических исследований используются микроскопы МБР-1, МБР-3, Биолан, Биомед-5 и др. марки микроскопов. К микроскопам прилагаются в комплекте осветители, обеспечивающие оптимальное освещение препарата. Микроскоп соединяется с осветительными прибором (рис. 34 либо осветительный прибор встроен непосредственно в микроскоп (рисунок 35).



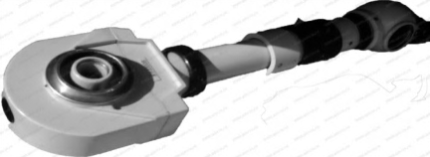
**ОИ-19 ОИ-35**

**Рисунок 34 – Осветительные приборы**



**Рисунок 35 – Микроскоп марки «Биомед 5»**

При проведении различных генетических исследований (подсчет числа хромосом, изучение кариотипа, спорогенез, гаметогенез и др. работы) пользуются рисовальным аппаратом (рисунок 36).

**РА-7 РА-4**

**Рисунок 36 – Рисовальные аппараты**

При помощи рисовального аппарата изображение отбрасывается на лист бумаги, и это дает возможность обвести карандашом контуры изучаемого объекта.

Наряду с зарисовкой широкое распространение и большое значение в цитологии и др. науках имеет метод микрофотографий.

Измерение микроскопических объектов (пыльцевых зерен, хромосом, тетрад микроспор и т. д.) проводят с помощью специальных линеек: окуляр-микрометр и объект микрометр (рисунок 37).

**Рисунок 37 – Микрометр окулярный МОВ 1-16 и объект микрометр**

**Материалы и оборудование:** микроскоп, осветитель, рисовальный аппарат, объект микрометр, окуляр-микрометр, постоянный препарат, карандаши, бумага.

**Задание 1. Изучить устройство микроскопа.**

Микроскоп – это оптический прибор, с помощью которого можно получить увеличение объекта и рассмотреть мелкие детали его строения.

В микроскопе выделяют две системы: оптическую и механическую.

Оптическую систему составляют: конденсор, объектив и окуляр, которые используются для рассматривания объекта и увеличения его изображения.

Пучок света от источника освещения собирается в конденсоре и направляется на объект. Проходя через объект, лучи света попадают в систему линз объектива; они строят первичное изображение, которое увеличивается с помощью линз окуляра. Главная оптическая часть микроскопа, определяющая его основные возможности – объектив. Объективы и окуляры в современных микроскопах сменные, что позволяет изучать клетки при разных увеличениях.

Объективы – представляет собой цилиндр с многолинзовой системой. Линзу, обращенную к препарату называют, фронтальной. Объектив дает увеличенное, действительное, обратное изображение объекта и выделяет тонкие детали его структуры.

Непосредственно от объектива зависит качество изображения объекта. Недостатки линз (аберрации) приводят к тому, что изображение может быть окрашенным, размазанным, искривленным.

Различают следующие типы аберраций:

1. Сферическую аберрацию (изображение точки передается в виде кружка рассеяния).

2. Астигматизм (кружки рассеяния имеют эллипсоидную форму).

3. Кома (в изображении точки наблюдается односторонняя деформация).

4. Кривизна поля зрения не позволяет одновременно видеть резко центр и края поля зрения.

5. Дисторсия – нарушение подобия между объектом и его изображением.

В зависимости от аберраций различают оптику:

а) свободную от астигматизма, т.е. анастигматическую;

б) апланатическую (лишенную комы и сферической аберрации);

в) ортоскопическую (без дисторсии).

Различают два вида несовпадений: хроматизм положения и хроматизм увеличения. Хроматизм положения наблюдается тогда, когда изображения различных цветов располагаются на неодинаковом расстоянии от оптической системы. Хроматизм увеличения, когда изображения различных цветов находятся в одной плоскости, но имеют неодинаковые размеры.

Хроматизм положения может быть исправлен объективами: ахроматическими и апохроматическими. В зависимости от того, в какой степени исправлены аберрации, различают следующие объективы: ахроматы, апохроматы, планахроматы, планапохроматы.

Объективы ахроматы имеют исправленную сферическую аберрацию, кома и хроматизм положения для 2-х длин волн (у микроскопов МБР-1, МБР-3) Биомед 5.

Объективы апохроматы – исправлены аберрации для 3-х длин волн.

Эти объективы входят в комплект исследовательских микроскопов МБИ-3, МБИ-6, МБИ-15 и др. У объективов ахроматов и апохроматов имеется недостаток как кривизна изображения. Для исправления этих недостатков созданы объективы с плоским полем зрения – планахроматы и планапохроматы.

Объективы бывают сухие и иммерсионные. Сухие объективы применяются обычно при небольших увеличениях (от 56 до 600 раз). В этом случае между объективом и препаратом находится слой воздуха (показатель преломления его 1). Из-за разницы показателей преломления предметного стекла и воздуха часть световых лучей отклоняется и не попадает в глаз наблюдателя. Поэтому сухие объективы не позволяют рассматривать слишком мелкие объекты, для этого используют иммерсионные объективы, дающие увеличение в 900–1350 раз. Преимущество иммерсионной системы заключается в том, что между объектом на предметном стекле и объективом находится среда с одинаковым показателем преломления (кедровое масло имеет показатель преломления 1,515; вода – 1,33). Благодаря тому, что лучи не преломляются и попадают в объектив, достигается наилучшее освещение и хорошая видимость мельчайшего объекта.

Светособирательную силу объектива характеризует числовая или нумерическая апертура, которая зависит от показателя преломления среды, находящейся между фронтальной линзой объектива и покровным стеклом, и величины угла, расположенного между оптической осью объектива и крайнего выхода лучей из объектива, и определяется по формуле: А = n х sin α, где n – показатель преломления среды; sin α – половинный угол входного отверстия объектива.

Нумерическая апертура указывается на объективе. Более сильные объективы имеют и более высокую нумерическую апертуру. Так, для малого объектива с увеличением – 9 нумерическая апертура соответствует 0,20; для сильного объектива – 90 нумерическая апертура равна 1,25. Величина нумерической апертуры определяет разрешающую способность объектива, которая определяется по формуле: d= λ / А, где λ – длина волны света; А – нумерическая апертура.

Разрешающая способность микроскопа представляет собой величину наименьшего диаметра частиц, которую можно видеть в микроскоп, или наименьшее различимое расстояние между двумя точками. Разрешающая способность зависит от длины света и числовой апертуры. Улучшение разрешающей способности может быть только за счет увеличения нумерической апертуры и уменьшения длины волны света. Так, разрешающая способность светового микроскопа равна 2000 А (ангстрем), электронного 10 А (ангстрем), в то время как глаз человека имеет разрешающую способность всего 0,15 мм.

Кроме разрешающей способности, объектив характеризуется определенным фокусным расстоянием и увеличением. Слабые объективы имеют большее фокусное расстояние (50–60 мм), сильные – меньшее (1–3 мм). Рабочее расстояние от объектива до препарата соответственно должно быть 9х – 13,8 мм; 20х – 0,6 мм; 90х – 0,12 мм.

В связи с этим большое значение при работе с микроскопом имеет толщина покровного стекла (0,17 мм) и предметного (1,2 мм).

Окуляр состоит из 2–3 линз, вмонтированных в металлический цилиндр. Подобно лупе он дает, прямое, мнимое, увеличенное изображение изучаемого объекта. С помощью окуляров исправляются остаточные аберрации. Окуляры Гюйгенса и ортоскопические предназначены для работы с ахроматами малых и средних увеличений, планахроматами малых увеличений. Компенсационные окуляры – с объективами апохроматами, планахроматами и ахроматами больших увеличений.

Сочетание увеличения объектива (Vоб) и окуляра (Vок) позволяют определить общее увеличение микроскопа (Vм): Vм=Vоб х Vок.

Однако нужно знать, что увеличение микроскопа находится в зависимости от длины тубуса. Нормальная длина тубуса 160 мм, но некоторые старые микроскопы имеют иную длину тубуса. При бинокулярной насадке увеличение микроскопа равно: V = Vоб х Vок х Vn, n – собственное увеличение, равное 1,5 х.

Окуляр с нужным увеличением выбирают в зависимости от увеличения объектива: Vок=500 х А / Vоб.

Конденсор – специальный осветитель, расположенный под предметным (объектным) столиком микроскопа. Он состоит из двух или трех линз, собирающих от зеркала свет в пучок, направляемый в плоскость препарата. Имеет суживающуюся апертурную диафрагму. На качество изображения влияет местоположение конденсора (перемещая конденсор, можно изменить качество изображения), степень открытия диафрагмы (открывая и закрывая ее можно изменить глубину резкости, освещенность). Диафрагма бывает дисковой, колпачковой, ирисовой (у рабочих биологических, исследовательских микроскопов).

Зеркало (расположенное под конденсором) отражает падающий на него свет и направляет его в конденсор для освещения препарата. Зеркало имеет две поверхности – плоскую (ею пользуются при любом источнике света и при любом увеличении) и вогнутую (используемую при искусственном освещении). Для лучшего освещения объекта в биологических микроскопах вместо зеркала используют различные типы осветителей.

Механическая система микроскопа состоит из подставки, коробки с микрометренным механизмом и микрометренным винтом, тубусодержателя, винта грубой наводки, кронштейна конденсора, винта перемещения конденсора, револьвера, предметного столика.

Микрометренный винт служит для незначительного перемещения тубусодержателя и объектива на расстояние, измеряемые микрометрами.

Тубус – цилиндр, в который сверху вставляют окуляры. Он подвижно соединяется с головкой тубусодержателя и фиксируется стопорным винтом в определенном положении.

Тубусодержатель несет тубус и револьвер, предназначенный для быстрой смены объективов. Для передвижения тубусодержателя и объектива с целью фокусировки объекта при малом увеличении служит винт грубой наводки.

Предметный столик имеет в середине круглое отверстие. Предметный координатный столик обеспечивает перемещение препарата, установленного в препаратоводитель, в горизонтальной плоскости по двум взаимно перпендикулярным направлениям с помощью рукояток расположенных с левой стороны на препаратоводителе.

**Задание 2**. **Изучить принцип работы с микроскопом.**

Микроскопы выпускаются в различных вариантах комплектации. В базовой комплектации микроскоп предназначен для наблюдения биологических и других прозрачных объектов в проходящем свете светового поля. На микроскопе можно исследовать окрашенные и неокрашенные препараты в виде мазков и срезов, расположенных на предметном стекле без покровного и с покровным стеклом толщиной 0,17 мм.

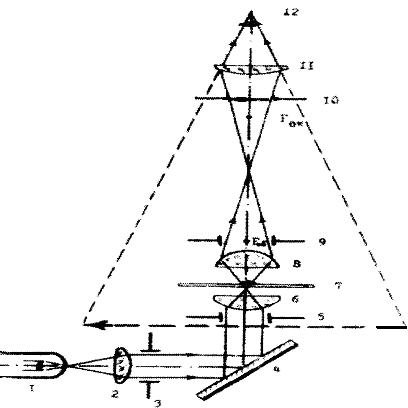
Микроскоп «Биомед 5» имеет увеличение от 40 до 1600 крат, числовая апертура его составляет 1,25 ми. В зависимости от степени исправления аберрации объектив микроскопа «Биомед 5» относится к ахроматотам (4×0,1; 10×0,25; 40×0,65; 100×1,25МИ). Освещение установлено по Клеру.

При работе с микроскопом его ставят у края стола так, чтобы окуляры находились напротив глаз, и в течение работы его не передвигают. Открывают полностью диафрагму, поднимают конденсоров крайнее верхнее положение. Столик центрируют. Ставят объективы х8 в рабочее положение на расстояние 1 см от предметного столика, так как работу с микроскопом начинают с малого увеличения. Глядя в окуляры добиваются равномерного освещения. Кладут на предметный столик препарат и, глядя сбоку, опускают объектив при помощи винта грубой наводки так, чтобы между фронтальной линзой и препаратом было расстояние 4–5 мм. Глядя в окуляры и вращая винт грубой наводки на себя, плавно поднимаем объектив до положения, при котором хорошо видно изображения объекта. С помощью микрометренного винта добиваются хорошей видимости изображения препарата.

Для изучения какого-либо участка объекта при большем увеличении ставят этот участок в центр поля зрения, затем поворотом револьвера переводят объектив на большее увеличение (объектив не поднимать). Затем с помощью микрометренного винта добиваются четкой видимости изображения объекта. После окончания работы с большим увеличением поворотом револьвера устанавливают малое увеличение и только после этого снимают препарат.

**Задание3. Установить микроскоп для работы с искусственным освещением по Келеру.**

С помощью соединительной планки установить осветитель ОИ-19 перед микроскопом и через трансформатор включить его в сеть. Поворачивая корпус осветителя, направить световой поток на плоское зеркало. С помощью зеркала направить свет в объектив (рисунок 38).



1 – источник света; 2 – линза осветителя; 3 – полевая диафрагма; 4 – зеркало; 5 – апертурная диафрагма; 6 – линза конденсора; 7 – объект; 8 – линза объектива; 9 – выходной зрачок объектива; 10 – полевая диафрагма окуляра; 11 – линза окуляра; 12 – глаз.

**Рисунок 38 – Принципиальная схема микроскопа и**

**осветительной системы**

Конденсор микроскопа поднять в верхнее положение и закрыть полевую диафрагму. Отверстие диафрагмы осветителя уменьшить до 1–2 мм. На плоское зеркало положить лист белой бумаги. Перемещая лампочку вдоль оси, добиться четкого изображения нити лампочки на бумаге. Снять бумагу с зеркала и, двигая корпус осветителя, переместить изображение нити лампочки в центр полевой диафрагмы.

Перемещая вверх и вниз конденсор, получить резкое изображение диафрагмы осветителя в поле зрения микроскопа (она имеет вид окружности ярко освещенного кружка).

Слегка поворачивая зеркало, установить изображение диафрагмы осветителя в центре поля зрения микроскопа. После этого диафрагму осветителя следует немного открыть (диаметр около 1,5 см).

Опустить конденсор, чтобы обеспечить равномерное освещение всего поля зрения.

Для определения оптимального диаметра отверстия полевой диафрагмы вначале ее нужно закрыть полностью, а затем, глядя в окуляр, слегка приоткрыть, чтобы ее края совпадали с краями задней линзы объектива. Проверить фокусировку объектива.

**Задание 4. Освоить работу с рисовальным аппаратом.**

Установить свет и сфокусировать препарат. Вынуть из тубуса окуляр и закрепить рисовальный аппарат РА-4 хомутиком. Окуляр вставить на место. Откидная оправа аппарата должна лечь на окуляр. Зеркало установить под углом 45° к штанге. При наклонном тубусе микроскопа для зарисовки следует использовать наклонный столик с таким расчетом, чтобы его поверхность была перпендикулярна оси тубуса. Чтобы увидеть одновременно изображение объекта, бумагу и конец карандаша, нужно уравнять освещенность карандаша и изображения объекта. Для регулирования яркости изображения объекта необходимо пользоваться реостатом осветителя и набором сменных дудчатых светофильтров на секторе аппарата.

При помощи рисовального аппарата обвести карандашом на бумаге контуры изображения деталей препарата.

**Задание 5. Освоить работу с микрометром для измерения объектов и провести измерения пыльцевых зерен пшеницы, ржи и др. культур.**

Вставить окуляр-микрометр в соответствующий окуляр микроскопа и, вращая глазную линзу, получить резкое изображение его шкалы.

Поместить объект-микрометр на столик микроскопа и получить резкое изображение его шкалы.

Совместить изображение шкалы объект-микрометра со шкалой окуляр-микрометра и установить, сколько делений объект-микрометра приходится на определенное число делений окуляр-микрометра. Разделить первую величину (число делений объект-микрометра) на вторую (число делений окуляр-микрометра) и умножить полученную величину на 10 (цена деления объект-микрометра в микронах). Полученный результат покажет цену деления окуляр-микрометра для данного объектива и окуляра.

Определить размеры пыльцевого зерна пшеницы, а затем ржи в делениях окуляр-микрометра, передвигая препарат на столике и поворачивая вокруг оси окуляр-микрометр. Измерить 10 пыльцевых зерен пшеницы, большой диаметр 10 пыльцевых зерен ржи и занести полученные данные в таблицу 1. Определить истинные размеры пыльцевых зерен ржи (пшеницы) путем умножения числа делений окуляр-микрометра на цену одного деления (объектив × 40, окуляр-микрометр × 7).

После заполнения таблицы проанализировать полученные данные и сделать заключение о значении величины пыльцевого зерна для способа опыления растения (самоопыление или перекрестное опыление).

Таблица 1. Диаметр пыльцевых зерен пшеницы и ржи

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Культура, сорт | Номер пыльцевого зерна | Диаметр пыльцевого зерна | |
| в делениях окуляр-микрометра | в мкм |
|  |  |  |  |

**Тема 2. Способы подготовки к исследованию и методы изучения клетки**

Различные методы исследований способствуют накоплению данных о строении, функциях, химическом составе клетки и ее структурных компонентах. К таким методам относятся:

1. прижизненные наблюдения;
2. изучение фиксированных и окрашенных клеток тканей;
3. цитохимические исследования;
4. дифференциальное центрифугирование;
5. авторадиография;
6. метод культуры клеток и тканей;
7. микрургия и др.

**Материал и оборудование:** проросшие семена в растильнях, проросшие луковицы, почки, молодые листочки; пинцеты, препаровальные иглы, лезвия, пенициллиновые флаконы с пробками, этикетки.

**Задание.** **1. Изучить методику подготовки материала к фиксации и виды фиксаторов.**

Фиксация с последующим окрашиванием клеток и тканей является самым распространённым способом подготовки объектов к исследованию. Фиксация – быстрое умерщвление клетки с сохранением ее прижизненной структуры. Искажение структур клетки (в цитологии носит название артефакта) – очень нежелательно. В цитологической и эмбриологической практике применяется большое число фиксирующих жидкостей в зависимости от цели и характера исследования. Наиболее применяемые в цитогенетической практике фиксаторы делятся на спиртовые и водные.

К спиртовым фиксаторам относят:

1) Карнуа (6:3:1) – спирт, хлороформ, уксусная кислота.

2) Упрощенный Карнуа, или уксусный алкоголь (3:1).

3) Чемберлена (90:0,5:0,5) – спирт, формалин, уксусная кислота.

К водным фиксаторам относят

1) Навашина (10:4:1) – 1 % хромовая кислота, формалин 16 % (от 40 % продажного), ледяная уксусная кислота.

2) Левитского (1:10) – хромовая кислота, формалин.

**При работе с фиксаторами следует запомнить три правила:**

1) Фиксатор не должен быть теплым.

2) Водные фиксаторы смешивают перед их употреблением.

3) Количество фиксирующей жидкости должно превышать объект в 20–40 раз.

Исследуемый материал в водном фиксаторе выдерживают около 24 ч, а в спиртовом – от 30 мин до 12 ч.

Для изучения строения хромосом, подсчета их числа и определения кариотипа наиболее удобным объектом являются кончики быстро растущих корешков из проросших семян. Семена проращивают в растильнях при соответствующих условиях влажности и температуры. Для фиксации лучше брать короткие корешки длиной 1,0–1,5 см. Перед заготовкой корешков для фиксации материал рекомендуется поместить в холодильник (t – 1…2°C) на 6–12 ч или залить объект 0,1 % раствором колхицина на 2–4 ч. Под действием холода и колхицина хромосомы сокращаются и хорошо распределяются по всей клетке.

Для изучения мейоза, развития половых клеток и оплодотворения фиксируют бутоны, тычинки и пестики. У злаковых фиксируют целиком зачаточный колос или метелку в состоянии, когда вершина колоса или метелки прощупывается ниже последнего листа на 2–3 см. У представителей других семейств фиксируют отдельные соцветия, цветки, завязи, семена. У древесных культур для лучшей фиксации снимают верхние кроющие листочки и чешуйки. Эмбриологические объекты медленно пропитывают фиксирующими жидкостями, поэтому желательно пользоваться спиртовыми фиксаторами или использовать некоторые специальные приемы, например, погрузить объект на 1–2 мин в 100 % спирт или уксусный алкоголь (Карнуа: 3 части уксусной кислоты и 1 часть спирта).

**Задание 2. Провести фиксирование соответствующего материала.**

1. Отрезать кончики корешков лука, пшеницы, ржи и др. культур длиной 0,5–0,7 см и поместить их в пенициллиновый флакон с фиксирующей жидкостью. Желательно до нарезки корешков залить их водой для лучшего тургора клеток. Во флакон вложить этикетку.

2. Выдержка в фиксирующей жидкости зависит от объекта: нежные тонкие корешки фиксируют в течение 0,5–1,0 ч, грубые колосья и почки – до 24 ч, включая их предварительную обработку спиртом или уксусным алкоголем.

Фиксированный материал хранят в холодильнике в фиксаторе или промывают в 96 % растворе этилового спирта и хранят в 70 % растворе до окрашивания.

**Задание 3. Провести окрашивание соответствующего материала.**

Для окраски временных препаратов чаще всего используют кармин, лакмоид, орсеин, растворенные в уксусной кислоте. Для окраски постоянных препаратов используют гематоксилин, генциановый фиолетовый, фуксин, метиленовый синий.

При исследовании срезов и временных препаратов широко используют окрашивание их различными красителями. Чаще всего эти красители – сложные органические соединения, комплексные соли. Если в красителе красящее вещество – основание, то они называются основными, если остаток кислоты – кислыми.

К основным красителям относятся сафранин, генциановый фиолетовый, метиленовый зеленый, синий и фиолетовый, фуксин основной и др.

К кислым красителям относятся Конго красный, эозин, кислый фуксин, пикриновая кислота и др.

Красители обычно употребляют в виде водных или спиртовых растворов. Водные растворы чаще готовят в концентрации 1–2 %, спиртовые – на 50–70 % спирте, хранят в темном месте.

В зависимости от объекта и красителя окрашивание ведут двумя способами: прогрессивным и регрессивным. В первом случае срез помещают в слабый раствор красителя и окрашивают довольно продолжительное время. Вначале окраска бывает слабой, со временем она прогрессирует. При регрессивном способе окрашивания срез заведомо перекрашивают в концентрированном красителе, а избыток красителя в дальнейшем отмывают соответствующим растворителем (дифференцировка).

В цитологической и эмбриологической практике часто употребляют так называемую комбинированную окраску препаратов двумя или тремя красителями.

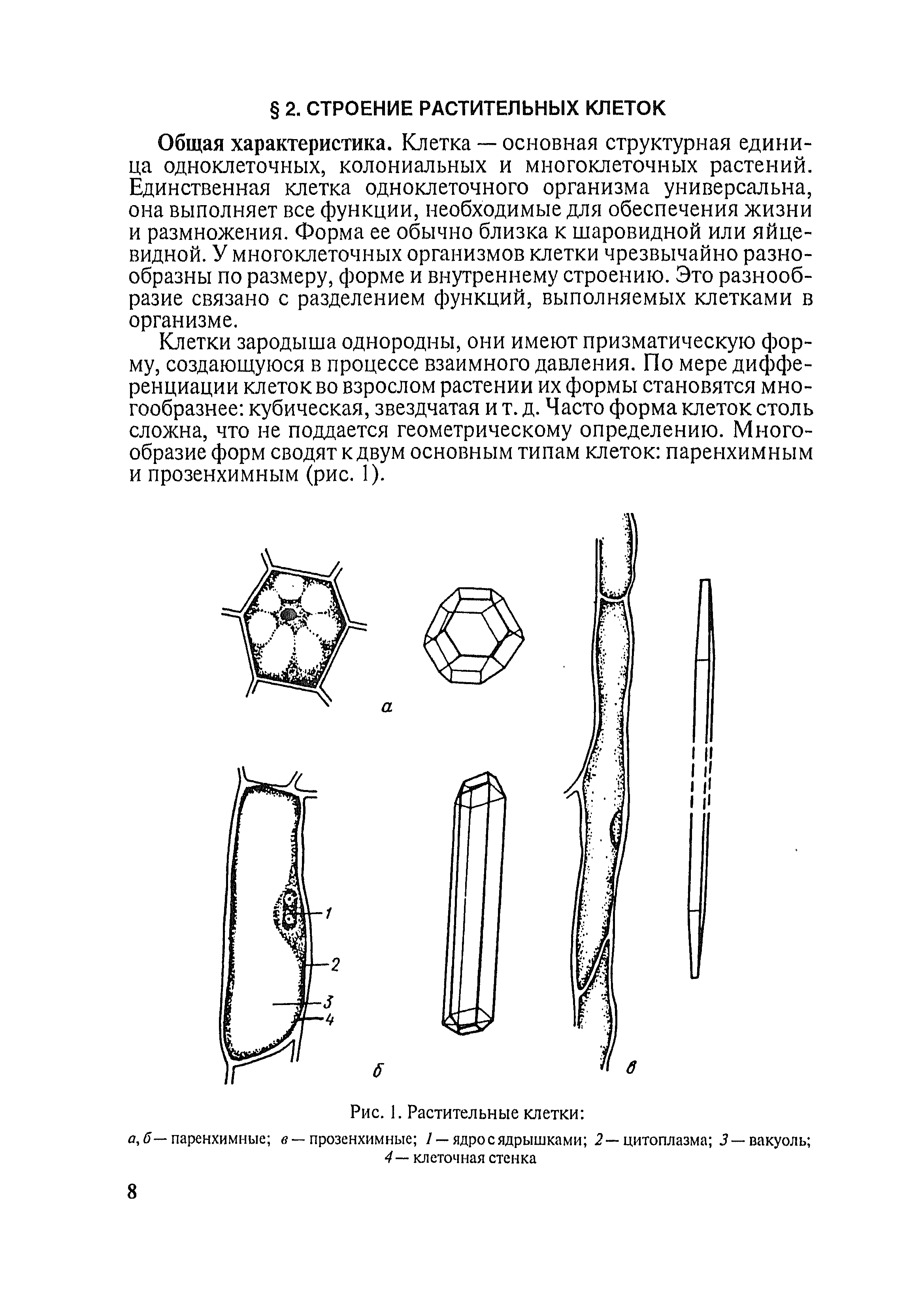
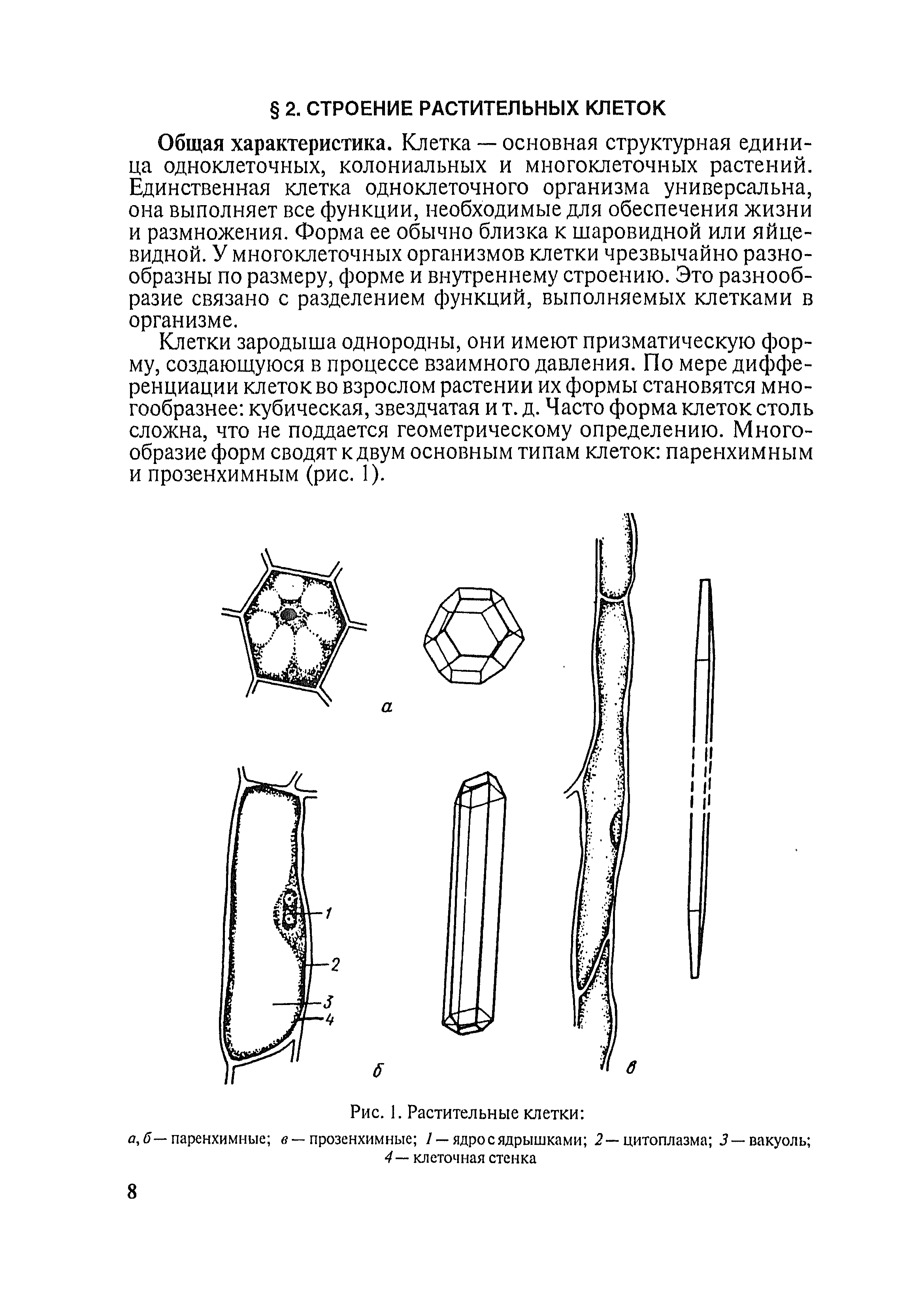
Способы приготовления красителей и методы окраски разработаны различными исследователями и поэтому носят сложные названия: «окрашивание гематоксилином до Гейденгайну при приготовлении постоянных препаратов по Навашину»; «окрашивание реактивом Шиффа (кармином) по Фёльгену» и др.

**Тема 3. Строение растительной клетки**

Клетка – структурная основная и физиологическая единица любого живого организма. Впервые клеточное строение у растений наблюдал и описал Роберт Гук (1665). Немецкие ученые зоолог Т. Шванн и ботаник М. Шлейден сформулировали клеточную теорию (1838–1839 гг.). Главный тезис клеточной теории – признание общего для всех организмов принципа клеточного строения и роста.

Известно два типа клеток: прокариотическая и эукариотическая. К прокариотическому типу относятся клетки бактерий, синезеленых водорослей, которые не имеют клеточного ядра, клетки всех остальных одноклеточных и многоклеточных растений, животных и человека относятся эукариотическому типу клеток. Они содержат сложное ядро, отграниченное от цитоплазмы ядерной оболочкой.

Растительные клетки имеют различную форму, которая зависит, главным образом, от выполняемой ей функции. В основном клетки делятся на два типа: паренхимные и прозенхимные. Паренхимные клетки имеют примерно одинаковую длину, ширину и высоту. Прозенхимные – клетки сильно вытянуты в длину (рисунок 39).



**Рисунок 39 – Паренхимные (а) и прозенхимные (б) растительные клетки**

Растительная клетка состоит из живого вещества – протопласта, и неживых внутриклеточных включений – производных протопласта, которые являются продуктами его жизнедеятельности и составляют парапласт клетки. Протопласт составляют: цитоплазма, эндоплазматическая сеть, рибосомы, митохондрии, ядро, пластиды, комплекс Гольджи, микрофиламенты, микротрубочки. Каждый органоид выполняет свою функцию. Парапласт включает: вакуоль, клеточную стенку, запасные питательные вещества и физиологически активные вещества (рисунок 40).

Клетка

протоплазма

Оболочка клетки

Оболочка

ядро

матрикс

цитоплазма

кариоплазма

включения

мембраны

зерна

однородная плазма

палочки

гормоны

ферменты

витамины

Кристаллы солей

Капельки жира

Алейроновые зерна

крахмальные зерна

хроматиновое вещество

ядрышко

Матрикс ядра

органоиды

вакуоли

рибосомы

аппарат Гольджи

лизосомы

митохондрии

Сферическое тельце

тельце

В основном состоит из белка

эндоплазматическая сеть

пластиды

протеопласты

хлоропласты

лейкопласты

хромопласты

агранулярная

гранулярная

амилопласты

олеопласты

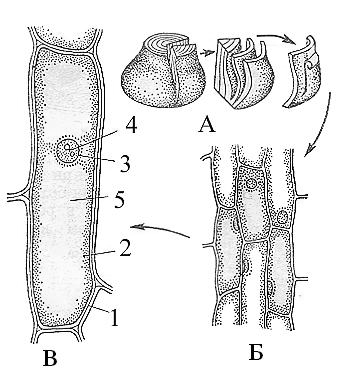
**Рисунок 40 – Схема составных компонентов клетки**

**Материалы и оборудование**: микроскоп, предметные и покровные стекла, луковица лука, зрелые плоды рябины, раствор йода, листочки элодеи, семена бобовых (горох, фасоль), кусочки клубней картофеля, пинцет, препаровальная игла.

**Задание 1. Изготовить препарат эпидермы сочной чешуи луковицы лука, рассмотреть и зарисовать строение клетки в капле воды и в   
растворе йода.**

Для изготовления препарата препаровальной иглой снимают эпидермис с выпуклой поверхности чешуи, помещают ее в каплю воды, на предметное стекло и накрывают покровным стеклом.

Проделайте то же, но с добавлением раствора йода. Под действием йодистого калия белки цитоплазмы окрасятся в желтый цвет, а ядра – в темно-желтый. Вакуоли будут выделяться в виде более светлых мест. Оболочки клеток остаются бесцветными (рисунок 41).



**А – луковица лука, В и Б – клетки эпидермы (1 – стенка клетки, 2 – цитоплазма, 3 – ядро, 4 – ядрышко, 5 – вакуоль)**

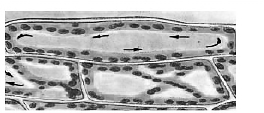
**Рисунок 41 – Схема строения недифференцированной клетки сочной чешуи луковицы лука (Allium cepa)**

Под микроскопом при большом увеличении изучите строение паренхимной клетки. Зарисуйте клетку и обозначьте видимые компоненты (оболочку клетки, поры, цитоплазму, вакуоль, ядро).

**Задание 2. Изучить органеллы клетки. Рассмотреть пластиды в клетках листа элодеи, движение цитоплазмы. Рассмотреть и зарисовать хромопласты в клетках плодов рябины.**

В цитоплазме клеток растения находятся пластиды – двумембранные органоиды. В зависимости от окраски и функции их делят на три группы: хлоропласты (зеленые), хромопласты (желтые, оранжевые или красные) и лейкопласты (бесцветные).

Приготовьте препарат клеток листа элодеи и плодов рябины. На предметное стекло в каплю воды положите лист элодеи и накройте покровным стеклом. Сначала рассмотрите клетки листа при малом увеличении, а затем при большом найдите хлоропласты, обратите внимание на окраску пластид. Зарисуйте несколько клеток с хлоропластами и укажите на рисунке стрелкой движение цитоплазмы (рисунок 42).

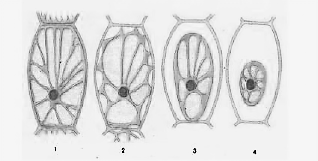


**Рисунок 42 – Хлоропласты и движение цитоплазмы в клетках листа элодеи**

Возьмите немного мякоти плода рябины поместите в каплю воды на предметном стекле, осторожно разрыхляя и накрыть покровным стеклом. Рассмотреть и зарисовать хромопласты.

**Задание 3. Изучить явление тургора и плазмолиза.**

Клеточный сок, находящийся в вакуолях, содержит различные растворенные вещества. Если клеточный сок имеет более высокую концентрацию, чем окружающий раствор, то, он начинает притягивать жидкость, коротая, проникает в клетку через оболочку. После чего она увеличивается в объеме, становиться упругой. Такое явление называется тургором. Тургор является нормальным физиологическим состоянием растительной клетки. Если концентрация клеточного сока ниже, чем в окружающей среде, то вода начинает выходить из клетки, что вызывает падение тургора. Объем клетки снижается, а содержимое в ней сжимается в виде комочка в центре клетки. Такое явление называется плазмолизом. При таком состоянии растение находится в увядшем состоянии. Длительный плазмолиз может вызывать гибель клетки (рисунок 43).



**1** **2**  **3** **4**

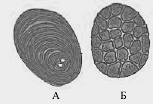
**Рисунок 43 – Явление тургора и плазмолиза в растительной клетке (1 – клетка в состоянии тургора, 2–4 – клетка в различных стадиях плазмолиза)**

На препарате с листом элодеи видны клетки, которые находятся в состоянии тургора, т.е. их оболочки испытывают давление постенного слоя цитоплазмы, на которую, в свою очередь, оказывает давление содержимое клеточного сока. Снимите покровное стекло, заберите фильтровальной бумагой воду и добавьте каплю 1М раствора NaCl. Высокая концентрация внешнего раствора вызывает отдачу воды из клетки в окружающую среду, содержимое ее уменьшается в объеме и цитоплазма начинает отходить от оболочки клетки – плазмолиз, а способность клетки занимать исходное положение – деплазмолиз.

Под микроскопом при большом увеличении рассмотрите состояние клетки при тургоре и плазмолизе. Зарисуйте и обозначьте оболочку, протопласт, полость.

**Задание 4. Изучить морфологическую структуру крахмальных и алейроновых зерен и определить локализацию их в органах растений.**

Клетка является объектом для накопления питательных веществ. Так, вторичный крахмал откладывается в виде крахмальных зерен, которые отличаются формой, строением и размерами (рисунок 44).



**А Б**

**Рисунок 44 – Строение крахмальных зерен: А – картофель, Б – овес**

В каждом крахмальном зерне есть центр крахмалообразования, вокруг которого откладываются слои крахмала. Причем для каждого вида растений характерна определенная форма и величина крахмальных зерен. Различают простые, полусложные и сложные крахмальные зерна.

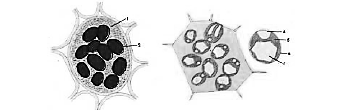
Приготовьте препарат для изучения крахмальных зерен. Маленьким кусочком клубня картофеля сделайте мазок на предметном стекле, затем нанесите каплю воды и накройте покровным стеклом. Под микроскопом при малом увеличении найдите, а при большом – рассмотрите простое, сложное и полусложное крахмальные зерна. Зарисуйте их.

Для выявления наличия крахмала используется йод, растворенный в йодиде калия. Действие этого реактива вызывает окрашивание крахмальных зерен в синий цвет, что позволяет обнаружить следы крахмала в органах растения. С целью обнаружения содержания крахмала капните раствор йода в йодистом калии и посмотрите, какой цвет приобретают крахмальные зерна.

Приготовьте препарат из предварительно замоченного семени гороха или фасоли, снимите семенную кожуру, отделите одну семядолю, сделайте с нее тонкие срезы и поместите на предметное стекло в каплю воды, смешанную с глицерином.

При малом увеличении микроскопа рассмотрите форму клеток семядолей, найдите в них крупные зерна крахмала и более мелкие алейроновые зерна. Нанесите на препарат каплю йода, и понаблюдайте за изменением окраски крахмальных (станут фиолетовыми) и белковых (станут желтыми) зерен.

У гороха в семядолях полость клеток заполнена крупными крахмальными зернами и мелкими алейроновыми, равномерно рассеянными по цитоплазме. Крахмальные зерна гороха отличаются от зерен картофеля концентрической слоистостью и наличием трещин в центре их образования (рисунок 45).



А Б

**Рисунок 45. Алейроновые зерна: А – простые, Б – сложные**

**(а глобоид, б – пространство, занимаемое аморфным белком, в – оболочка зерна, г – белковый крахмал)**

Зарисуйте несколько клеток и обозначьте амилопласты картофеля (крахмальные зерна), алейроновые зерна гороха (зерна белка).

**Тема 4. Техника изготовления временных ацетокарминовых препаратов для изучения митоза**

Митоз – сложный тип деления, протекающий в соматических клетках и являющийся основным способом их размножения. В результате митоза из одной материнской клетки образуются две дочерние. Ядро каждой дочерней клетки имеет, как правило, такой же набор хромосом, какой был в исходной материнской клетке. В процессе митоза различают четыре последовательно идущие фазы: профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

Для изучения митоза и его отдельных фаз можно проводить прижизненные наблюдения на волосках тычиночных нитей традесканции при помощи фазово-контрастного устройства, а также в поляризованном или флуоресцентном свете. Чаще для этих целей используют меристематические клетки конуса нарастания корней или стебля после их фиксации и последующего изготовления препаратов.

Наиболее доступный объект для изучения фаз митоза является репчатый лук (Allium cape). Корешки должны быть длиной не более 1–2 см с хорошо выраженной зоной деления клеток. Корешки фиксируют в измененном фиксаторе Карнуа (3:1) и хранят в 70 % спирте.

**Материал и оборудование:** микроскоп, зафиксированные корешки лука, рисовальный аппарат, ацетокармин, 45 % уксусная кислота, предметные и покровные стекла, лезвие, фильтровальная бумага, спиртовка, спички, препаровальная игла, постоянные препараты и микрофотографии с продольными срезами корешков лука.

**Задание 1. Приготовить временный препарат из корешков лука.**

1. На дно фарфоровой чашечки налить раствор ацетокармина и перенести в него корешки лука.

2. С целью лучшего окрашивания объекта и одновременного мацерирования раствор ацетокармина с корешками нагревать над пламенем спиртовки до появления паров.

3. Краситель слить из чашки и корешки 2–3 раза промыть 45 % уксусной кислотой. При слабом окрашивании уксусной кислотой можно не промывать.

4. На предметное стекло нанести каплю 45 % уксусной кислоты и поместить в нее окрашенный корешок.

5. Лезвием бритвы отделить кончик корешка (конус нарастания) и накрыть его покровным стеклом.

6. Кончиком спички или деревянной палочки легкими ударами по покровному стеклу осторожно раздавить препарат и распределить клетки равномерно в один слой. Покровное стекло не должно смещаться. Избыток уксусной кислоты удалить фильтровальной бумагой.

7. Приготовленный препарат поместить на предметный столик микроскопа.

**Задание 2. Выявить все фазы митоза и зарисовать их.**

1.На препарате найти хорошие метафазные пластинки.

2. Пользуясь рисовальным аппаратом, тщательно зарисовать каждую хромосому на подобранной метафазной пластинке.

3. После того как контуры каждой хромосомы будут нанесены на бумагу, рисунок необходимо сверить с препаратом.

**Задание 3. Определить митотическую активность ткани и продолжительность отдельных фаз митотического цикла.**

1. Установить зону деления клеток и подсчитать число клеток по каждой фазе митотического цикла.

2. Определить митотический индекс МI в промилле (0/00):

,

где П – число клеток в профазе, М – в метафазе, А – в анафазе, Т – в телофазе, И – в интерфазе.

4. Полученные данные занести в таблицу 2 и произвести расчёт относительной длительности каждой фазы митоза. Например, для профазы этот показатель вычисляется следующим образом:

(%).

Таблица 2. Определение митотического индекса в зоне деления

корешков лука

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер поля зрения под микроскопом | Число клеток | | | | | Митотический индекс, 0/00 |
| Профаза  (П) | Метафаза  (М) | Анафаза  (А) | Телофаза  (Т) | Интерфаза  (И) |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

**Тема 5. Изготовление временных ацетокарминовых препаратов из колеоптиле проросших злаков**

В настоящее время широко применяется метод подсчета хромосом на препаратах, приготовленных из колеоптиле проросших семян. Молодые проростки предварительно фиксируют в уксусном алкоголе (измененный раствор Карнуа) и после отмывки от фиксатора хранят в 70 %-ном спирте.

**Материал и оборудование:** микроскоп, зафиксированные колеоптиле пшеницы, ячменя, ржи, овса; ацетокармин, 45 % уксусная кислота, предметные и покровные стекла, лезвие, спиртовка, спички, фильтровальная бумага, препаровальная игла.

**Задание. 1. Приготовить временный препарат из колеоптиле проросших семян злаковых.**

1. На дно фарфоровой чашки налить раствор ацетокармина и поместить в него зафиксированные колеоптиле.

2. Окрашивание и мацерацию объекта произвести путем 3–4-кратного подогрева до кипения в ацетокармине в течение 5–6 мин.

3. Краситель слить из чашки. Колеоптиле промывают 2 раза 45 % уксусной кислотой.

4. На предметном стекле в капле 45 % уксусной кислоты отделить конус нарастания.

5. Отделенный конус нарастания накрыть покровным стеклом и деревянной палочкой раздавить объект.

6. Полученный препарат поместить на столик микроскопа и просмотреть его под микроскопом.

**Задание 2. Выявить фазы митоза и подсчитать число хромосом в соматических клетках.**

Найти клетки, которые находятся в метафазе, и подсчитать число хромосом, заполнить таблицу 3.

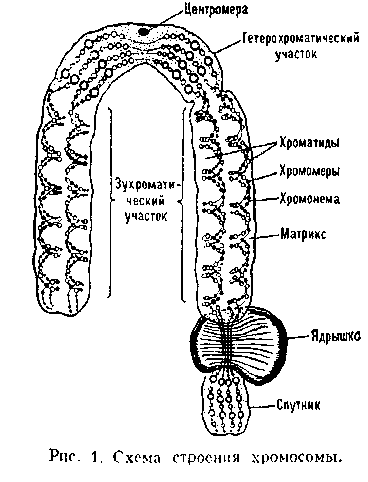
Таблица 3. Число хромосом у некоторых культурных растений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Культура | Число хромосом в клетках меристемы | Число пар гомологичных хромосом |
| Рожь  Мягкая пшеница  Ячмень  Овес |  |  |

**Тема 6. Кариотипы сельскохозяйственных культур.**

**Кариограмма и идиограмма. Число хромосом**

Каждому виду характерен свой кариотип – определенное постоянное число, форма и размеры хромосом. Хромосомы имеют свою морфологию, к которой относят: длину плеч, положение центромеры (кинетохор), наличие вторичной перетяжки, спутника и др. (рисунок 46).



**Рисунок 46 – Схема строения хромосомы**

Для кариотипа постоянными являются нормальная длина каждой хромосомы и суммарная длина всех хромосом, а положение центромеры определяет морфологию хромосомы.

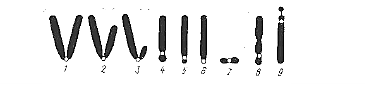
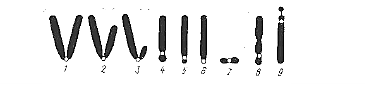
В зависимости от положения центромеры выделяют следующие типы хромосом:

1) метацентрические хромосомы (М) плечи примерно одинаковой длины, плечевой индекс – 1–1,9;

2) субметацентрические хромосомы (S) плечи разной длины (2–4,9);

3) акроцентрические хромосомы (А) центромера расположена вблизи одной из теломер (более 5);

4) головчатые хромосомы (более 8) (рисунок 47).



1 2 3 4 5 6 7 8

1 – метацентрические; 2 – субметацентрические; 3,4,5 – акроцентрические; 6 – телоцентрические; 6 – головчатые; 7 – акроцентрическая со вторичной перетяжкой; 8 – спутничная

**Рисунок 47 – Типы метафазных хромосом**

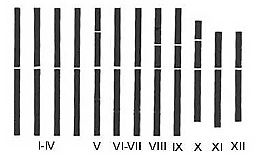
Все хромосомы, входящие в кариотип можно расположить в виде кариограммы – «раскладка» всех хромосом, входящих в кариотип тестируемого объекта на бумаге путем подбора гомологичных пар и распределения по типам (в зависимости от положения центромеры) (рисунок 48).



**А Б**

**Рисунок 48 – Кариограмма хромосом человека (2n=46), А – женские хромосомы, Б – мужские хромосомы**

Идиограмма – графическое изображение кариотипа с указанием размеров хромосом и особенностей их строения (систематизированный кариотип). Ее составление основано на измерении каждой хромосомы, учете длин плеч, положения центромер, вторичных перетяжек, спутников (рисунок 49).



**Рисунок 49 – Идиограмма сосны обыкновенной, 2n=2х=24**

**Материал и оборудование:** фотографии метафазных пластинок конских бобов (Vicia faba), ржи и других сельскохозяйственных культур; ножницы, клей, линейки, микрокалькуляторы.

**Задание 1. Изучить число хромосом у растений**

Выписать число хромосом основных видов культурных растений в таблицу 4.

Таблица 4. Соматическое число хромосом у растений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Культура | Число хромосом |
| 1 | Кукуруза (Zea mays) | 20 |
| 2 | и т.д. более 20 культур |  |

**Задание. 2. Изучить кариотипы основных сельскохозяйственных культур, проидентифицировать хромосомы конских бобов (Vicia faba)**

**Порядок выполнения задания:**

1. Рассмотреть фотографии хромосом основных сельскохозяйственных культур.

2. Вырезанные хромосомы и наклеить на странице тетради с расположением в один ряд путем подбора гомологичных пар и распределить их по типам (от больших к маленьким).

3. Выполнить замеры плеч с использованием миллиметровой бумаги или линейки.

3. Важнейшие показатели, установленные при замере хромосом, занести в таблицы 5, 6.

4. Замерить абсолютную длину каждой хромосомы (LА), в микрометрах.

Рассчитать следующие показатели:

**1) относительную длину хромосомы**

LF = 

**2) плечевой индекс**

IB = 

**3) центромерный индекс**

IC = 

**4) индекс спирализации**

IS = 

Таблица 4. Показатели длин хромосом (культура)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № пары  гомологичных  хромосом | №  хромосомы | Длина хромосом, мкм | | |
| Общая | Длинное плечо | Короткое плечо |
| I–VI | 1  2 |  |  |  |
|  | 11  12 |  |  |  |
| и т.д. |  |  |  |  |

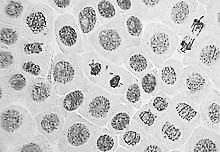
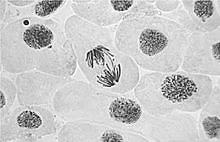
Таблица 5. Основные морфологические параметры хромосом (культура)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № пары  гомологичных  хромосом | №  хромо-  сомы | Параметры | | | | |
| Абсолютная  длина LA,  мкм | Относительная  длина LF, % | Плечевой  индекс IB | Центромерный  индекс IC, % | Форма  хромо-сомы |
| I– VI | 1  2 |  |  |  |  |  |
|  | 11  12 |  |  |  |  |  |
| и т.д. |  |  |  |  |  |  |

**Тема 7. Изучение структурных изменений хромосом**

Хромосомные перестройки или абберации возникают в результате одиночных или множественных разрывов хромосом или хроматид. Эти фрагменты способны соединяться друг с другом или с фрагментами других хромосом набора.

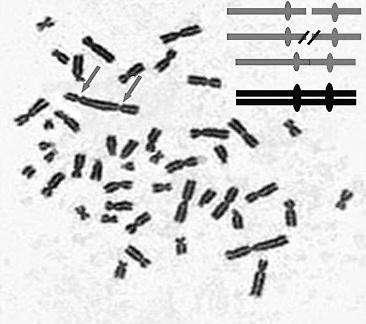
При востановлении фрагментов одной и той же хромосомы порядок их расположения не нарушается, хромосома остается интактной и ее структура не меняется. Если воссоединение не происходит или первоначальный порядок расположения участков нарушается, то возникают хромосомные перестройки – делеции (нехватка участка хромосомы), инверсии (поворот участка хромосомы на 180°), транслокации (соединение фрагментов двух разных хромосом), дупликации (удвоение участка хромосомы) (рисунок 50).



**а б**

**Рисунок 50– а – в центре клеточного поля видна делящаяся клетка в стадии анафазы( хроматидный мост и одиночный фрагмент хромосомы); б – в центральной делящейся клетке, находящейся в стадии телофазы, наблюдается парный фрагмента (Allium сepa)**

В результате хромосомных перестроек могут возникать хромосомы с двумя центромерами (дицентрические) и бесцентромерные (ацентрические) (рисунок 51).



**Рисунок 51 – Дицентрические и ацентрические хромосомы**

Однако не все типы хромосомных аберраций хорошо заметны морфологически, чаще всего наблюдаются так называемые мосты, бесформенные фрагменты (один–два).

**Материал и оборудование:** 1) корешки лука (контрольные и после обработки мутагенами); 2) микроскоп, 3) предметные и покровные стекла; 7) лезвие; 8) препаровальная игла.

**Задание 1. Ознакомиться со структурными изменениями хромосом, установить их тип и процент аберраций у мутантов.**

1. Семена лука замачивают надвое суток при температуре 22–25 °С. При достижении корешками длины 5 мм обрабатывают 0,1 % раствором колхицина в течение 6 ч (контроль оставляют в воде) или 0,02 % раствором этиленимина.

2. После выдержки в мутагенах корешки фиксируют фиксатором Карнуа (упрощенным), окрашивают ацетокармином и готовят давленные (временные) препараты.

3. В трех полях зрения у контрольных и обработанных мутагеном препаратов определяют число хромосомных аберраций, данные записывают в таблицу 7.

Таблица 7. Частота и тип аберраций хромосом

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Число клеток | | | | |
| с нормальными хромосомами | с фрагментами | | с мостами | с другими нарушениями |
| одиночными | двойными |
| Контроль  Колхицин  (0,1 %й) |  |  |  |  |  |

**Задание 2. Определить количество аберрантных клеток (Ч, %), спектр аберраций (К).**

где А – число клеток с нарушениями; В – общее число просмотренных клеток.

Если в одной клетке обнаружено несколько типов нарушений, то число клеток с нарушениями будет меньше общего числа аберраций. Число аберраций на клетку (или 100 клеток) устанавливают, разделив общее число аберраций (С) на число просмотренных клеток (В).

Спектр аберраций определяют в расчете на 100 клеток.

где Д – число аббераций определенного типа (например, одиночных мостов); В – число прсмотренных клеток.

**Тема 8. Приготовление ацетокарминовых препаратов для изучения гигантских хромосом из слюнных желез личинок дрозофилы и хирономуса**

Для изучения строения хромосом целесообразно использовать препараты гигантских хромосом из слюнных желез двукрылых; их можно изготовить из слюнных желез личинок дрозофилы, хирономуса (мотыля). Слюнные железы личинок дрозофилы или мотыля представляют собой парное мешковидное образование с общим выводным протоком. Характерной особенностью клеток слюнных желез является то, что в них происходит эндомитоз, т.е. деление клетки завершается на стадии умножения хромосомных нитей, а деление ядра (кариокинез) и цитоплазмы (цитокинез) – образование двух дочерных клеток, как при обычном митозе – не происходит. В результате неоднократно повторяющихся эндомитозов в процессе развития личинки рост слюнных желез обеспечивается только за счет увеличения размеров ядер и самих клеток, число же их не меняется. Таким образом, возникают так называемые гигантские – политенные (многонитчатые) хромосомы.

**Материал и оборудование:** живой материал – культивируемые личинки дрозофилы или мотыль (личинка комара chironomus), микроскоп, предметные стекла, покровные стекла, препаровальные иглы, физиологический раствор, бинокулярная лупа (может быть заменена микроскопом с малым увеличением), фильтровальная бумага, 45 % уксусная кислота, краска (ацетокармин или ацетоорсенин), постоянные препараты политенных хромосом личинки дрозофилы.

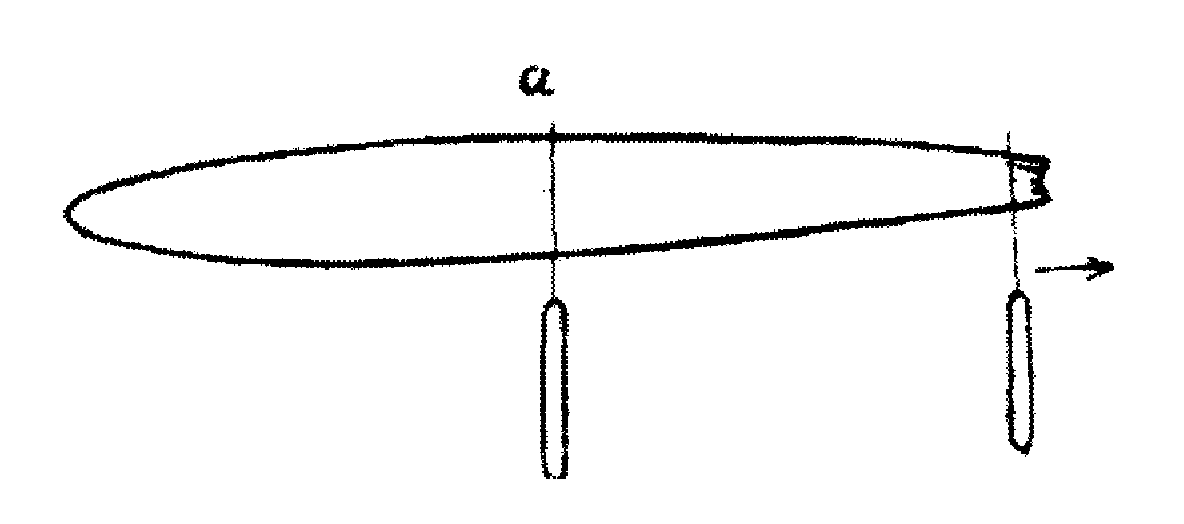
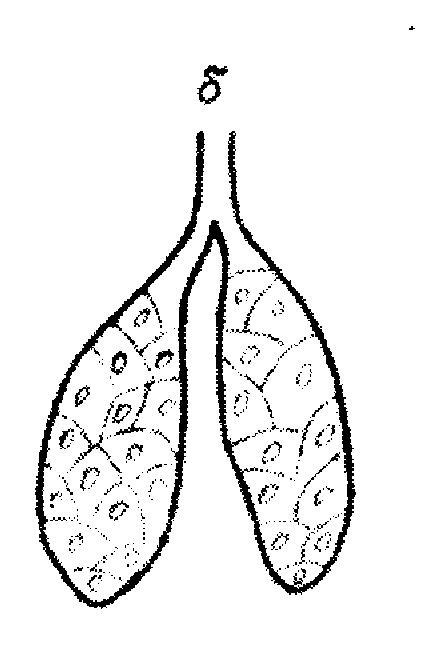
**Задание. Рассмотреть на препарате (под микроскопом) строение гигантских хромосом слюнных желез мотыля, зарисовать набор гигантских хромосом.**

Для того чтобы приготовить препарат гигантских хромосом, прежде всего следует извлечь сами слюнные железы.

1. На чистое предметное стекло в капельку физиологического раствора помещают самую крупную личинку. По движению определяют головной отдел ее (личинка движется головой вперед).

2. Одну препаровальную иглу накладывают на переднюю часть личинки, а другую – на середину ее (рисунок 52 а).

3. Придерживая второй иглой личинку, первую иглу тянут вперед и разрывают личинку. Вместе с оторванной головной частью личинки вытягивается пара прозрачных мешковидных образований (рисунок 52 б). Это и есть слюнные железы личинки. Если с оторванной головной частью личинки мешки не вытягиваются, тогда приходится вынимать все органы передней части личинки и в этой «кашице» искать слюнные железы.

а – извлечение слюнных желез б – выделенные слюнные железы

из личинки дрозофилы

**Рисунок 52 – Слюнные железы и их извлечение**

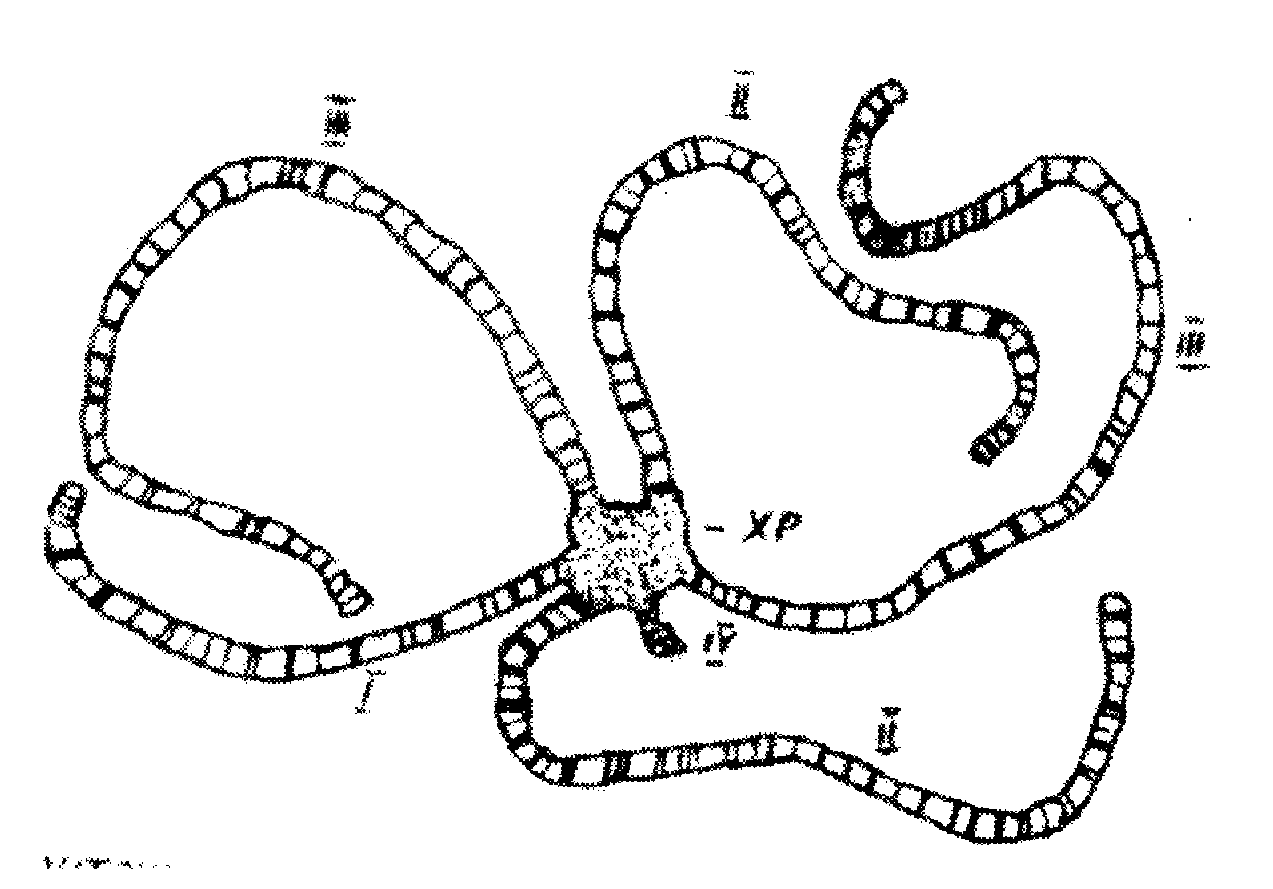
4. Под предметное стекло подложить однотонную темную пластинку для того, чтобы прозрачные мешки слюнных желез были видны более отчетливо. От других структур железы можно отличить по наличию в них клеток с крупными ядрами, контуры которых хорошо заметны без всякой окраски.

5. Выделенные слюнные железы освободить от посторонней ткани и капнуть каплю красителя. Прикрыть чашкой Петри и оставить на 15–20 минут при температуре +37 0С (если работа проводится при комнатной температуре, то время окраски приходится увеличить до 30 минут).

6. Окрашенные слюнные железы препаровальной иглой переносят на чистое обезжиренное предметное стекло в капельку 45 % уксусной кислоты, фильтровальной бумагой отсасывают кислоту, затем капают несколько капель свежей уксусной кислоты (удаляют лишнюю окраску).

7. Объект осторожно накрыть покровным стеклом. Фильтровальной бумагой осушают жидкость, выступающую за края покровного стекла. Затем накрывают препарат новой полоской фильтровальной бумаги, фиксируют положение покровного стекла и тупым концом препаровальной иглы давят на слюнные железы. Давить нужно довольно сильно, но так, чтобы не разбить стекло.

8. Изучить препарат под микроскопом. Должны быть видны длинные, окрашенные в розовый цвет клубки нитей гигантской хромосомы (рисунок 53, 54).



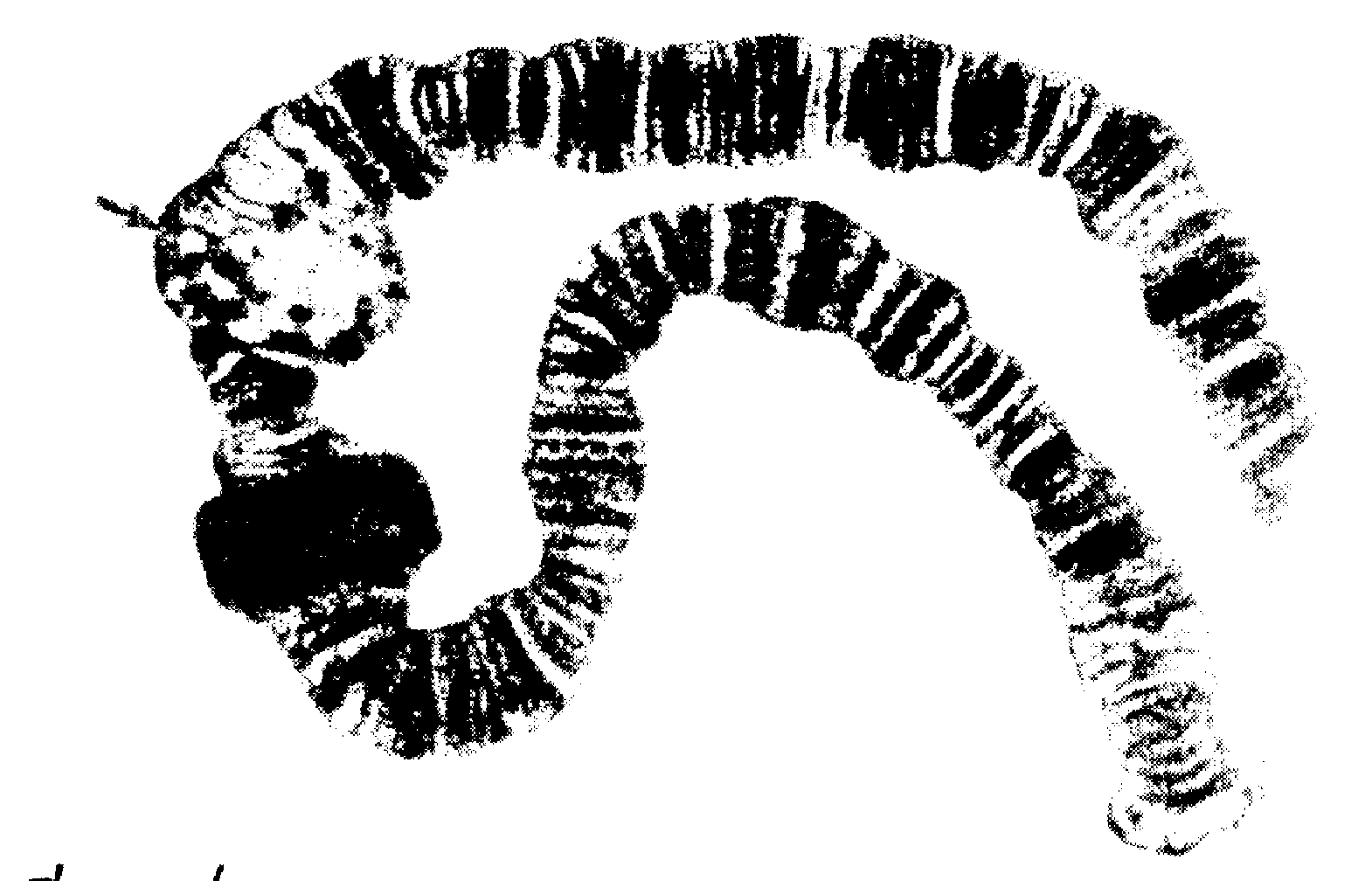
ХР – хромоцентр, I, II, III, IV – соответствующие пары хромосом.

**Рисунок 53. Гигантские хромосомы слюнных желез дрозофилы**

Следует обратить внимание на рисунок 53. На нем видно, что центромерные (гетерохроматические) области всех хромосом объединены и образуют общий хромоцентр. От хромоцентра отходят четыре длинные нити (приблизительно равной длины). Это вторая и третья пара хромосом дрозофилы. И еще одна непарная хромосома (Х-хромосома). Четвертую пару мелких, так называемых микрохромосом обычно не видно. Отчетливо прослеживается, что по всей своей длине хромосомы не однородны. Они состоят из светлоокрашенных и темноокрашенных дисков. Диски представляют собой эухроматические и гетерохроматические области гигантских политенных хромосом. Пользуясь фотографиями цитологических карт, можно идентифицировать все три пары хромосом. Следует отметить, что вместо восьми (четырех пар) хромосом мы видим только четыре. Это является результатом того, что в слюнных железах гомологичные хромосомы находятся на стадии сильной конъюгации, поэтому вместо пары гомологичных хромосом мы видим только одну хромосому.

Приготовленный препарат рассматривают при малом увеличении микроскопа (7х8).

В центре клетки, где хромосомы расправлены, легче обнаружить центромеру (хромоцентр) в виде более ярко окрашенного узла. От него отходят хромосомы, следует рассмотреть детали строения при больших увеличениях (рисунок 54).



**Рисунок 54 – Часть гигантской политенной хромосомы слюнной железы**

**мотыля (пуф отмечен стрелкой)**

**Тема 9. Изготовление временных ацетокарминовых препаратов для изучения мейоза**

Мейоз – особый вид деления клетки, протекающий в материнских клетках микроспор и мегаспор. При мейозе число хромосом уменьшается вдвое, диплоидное ядро превращается в гаплоидное; через комбинаторику гомологов из разных пар и через кроссинговер резко увеличивается комбинационная наследственная изменчивость организмов. В результате мейоза образуются споры, которые в дальнейшем дают начало мужскому гаметофиту (пыльце) и женскому геметофиту (зародышевому мешку).

Мейоз состоит из двух циклов клеточного деления: первого приводящего к уменьшению числа хромосом вдвое, и второго, идущего по типу обычного митоза. Первое мейотическое деление включает профазу I, состоящую из лептонемы, зигонемы, пахинемы, диплонемы. За профазой I наступает метафаза I, анафаза I и телофаза I. В результате образуются две клетки, ядра которых с гаплоидным набором хромосом. Затем две клетки почти синхронно после недолгой подготовки приступают к следующему делению. Второе деление включает профазу  II, метафаза II, анафаза II и телофаза II. После двух делений из одной клетки с диплоидным набором хромосом образуется четыре клетки с гаплоидным набором.

Для приготовления временных препаратов используют специально зафиксированные в период микроспорогенеза соцветия пшеницы, ржи, тритикале и других растений. Соцветия фиксируют целиком в измененном фиксаторе Карнуа (3:1) в течение 6 часов. После отмывки от фиксатора соцветия хранят в 70 % спирте.

**Материал и оборудование:** зафиксированные колосья пшеницы, микроскоп, рисовальный аппарат, ацетокармин, 45 % уксусная кислота, предметные и покровные стекла, препаровальная игла, фильтровальная бумага, спиртовка и спички, пинцет.

**Задание. Приготовление временных препаратов по мейозу и зарисовать все фазы и стадии мейоза.**

1. Из цветков соцветий пшеницы, ржи, овса пинцетом извлечь 2–3 пыльника.

2. Пыльники поместить на предметное стекло в каплю ацетокармина, раздавить препаровальной иглой, тщательно распределив по стеклу содержимое пыльника, стенки пыльника удалить со стекла.

3. Для лучшего окрашивания препарат подогреть на спиртовке 2 раза по 2 с.

4. С целью удаления избытка красителя на содержимое нанести каплю 45 % уксусной кислоты и накрыть покровным стеклом.

5. Препарат рассмотреть под микроскопом, найти соответствующие фазы мейоза и зарисовать их. Подсчитать число бивалентов в метафазе I мейоза.

6. Приготовить соответствующим образом препараты из средней и верхней части колоса пшеницы.

**Тема 10. Изучение различных нарушений мейоза**

**у отдалённых гибридов и амфидиплоидов**

Наиболее часто встречаемыми нарушениями микроспорогенеза являются:

в интерфазе – двух- и многоядерность микроспороцитов; цитомиксис – миграция участка цитоплазмы с частью хромосом одного микроспороцита в другой;

в метафазе I – наличие истинных (одиночных), а также ложных (асинаптических и десинаптических, парных) унивалентов вне экваториальной плоскости микроспороцита; расположение бивалентов вне экватора; обособление метафазных пластинок;

в анафазе I – истинные и ложные униваленты; лаггарды – неразделившиеся биваленты; обособление веретен деления; расщепление веретена деления; задержка расхождения хромосом к полюсам клетки, ведущая к образованию полиплоидных ядер;

в телофазе I – истинные униваленты; обособление чужеродных хромосом; образование микроклеток; цитокинез при незавершенном кариокинезе;

в профазе II – обособление микроядра; П II – М II – гетероцикличность, т.е. несовпадение ритмов деления в сестринских клетках диады микроспор;

в метафазе II – униваленты; М II – А II гетероцикличность; метаанафаза II; микроядра;

в анафазе II – униваленты; образование микроклеток полиад; расщепление веретена деления; А II – Т II – гетероцикличность;

в телофазе II – микроядра; образованеие полиад; гибель одной или нескольких клеток тетрады или полиады;

в тетраде микроспор – микроядра; триады; полиады и гибель клеток.

**Задание 1. Изучить особенности конъюгации хромосом у отдалённых гибридов и амфидиплоидов и научиться идентифицировать различные типы нарушений при микроспорегенезе:**

1) изменение динамики синтеза ДНК и гистонов в клетках микроспороцитов;

2) нарушение премейотических митозов в археспории;

3) несовпадение ритмов деления хромосом у исходных видов;

4) несовместимость хромосом одного вида в цитоплазме другого вида;

5) инбредную депрессию мейотического деления хромосом перекрестника в клетке самоопылителя;

6) асинапсис и десинапсис бивалентов вследствие полного или частичного отсутствия гомологии между хромосомами;

7) нарушение действия генов, осуществляющих контроль за стабильностью мейоза.

**Материал и оборудование:** 1) зафиксированные и окрашенные колосья гекса- и октоплоидных тритикале; 2) 45%-ная уксусная кислота в капельницах; 3) микроскопы с осветителями и трансформаторами; 4) предметные и покровные стекла; 5) препаровальные иглы, 6) пинцеты; 7) фильтровальная бумага.

**Задание. 1. Приготовить временные давленные препараты пыльников гекса- и октоплоидных тритикале.**

2. Изучить особенности нарушений на разных фазах мейоза и подсчитать их частоту.

3. Оценить влияние набора хромосом на мейотическую стабильность тритикале.

4. Результаты привести в табл. 8.

Таблица 8. Анализ стабильности мейоза

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Образец | Фаза  мейоза | Изучено  клеток | Клетки с  нарушениями | Процент  нарушений |
|  |  |  |  |  |

**Тема 11. Определение фертильности пыльцевых зерен**

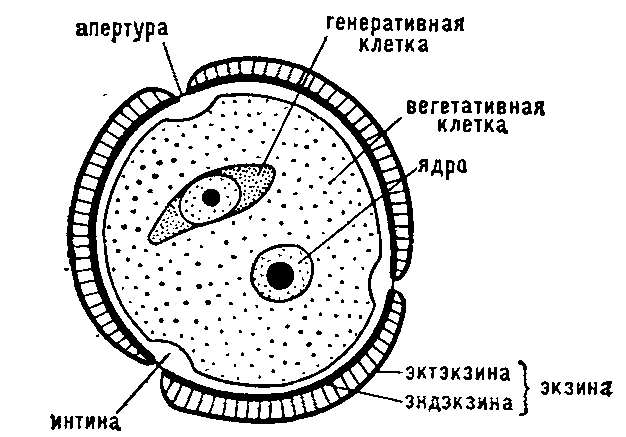
Пыльца, цветень – скопление пыльцевых зёрен [семенных растений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F). Пыльцевое зерно представляет собой мужской [гаметофит](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D1%84%D0%B8%D1%82), развивающийся в микроспорангии из микроспоры и выполняющий функцию [опыления](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%8B%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5), то есть оплодотворения женского гаметофита, находящегося в [семязачатке](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D1%8F%D0%B7%D0%B0%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BA). Пыльца развивается в пыльниках тычинок и имеет различную форму (рисунок 55).

Фертильной пыльцой считается такая пыльца, которая способна к оплодотворению, т.е. имеет мужские гаметы (спермии). Стерильная пыльца не имеет спермиев и не способна оплодотворить семяпочку. Поэтому фертильность – это оплодотворяющая способностью пыльцы или зиготический потенциал пыльцевого зерна способного вызывать полное оплодотворение.



**Рисунок 55 – Формы пыльцевых зёрен**

Нормально развитая пыльца имеет все необходимые компоненты (рисунок 56).



**Рисунок 56 – Строение пыльцы**

Для определения фертильности пыльцы используют два метода: ацетокарминовый и иодный.

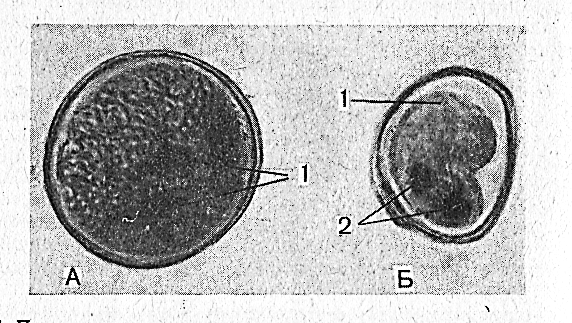
**Материалы и оборудование:** 1) зрелые пыльники различных культур; 2) фиксированные соцветия со зрелой пыльцой; 3) микроскоп; 4) ацетокармин; 5) йодный раствор; 6) 45 % уксусная кислота; 7) предметные и покровные стекла; 8) препаровальная игла; 9) фильтровальная бумага.

**Задание 1. Определить фертильность пыльцы различных культур ацетокарминовым методом.**

1. Пыльники со зрелой пыльцой фиксируют в фиксаторе Карнуа (3:1). Продолжительность фиксации от 30 минут до нескольких часов, промывают и хранят в 80 % спирте.

2. Из спирта пыльник переносят на предметное стекло и раздавливают в капле ацетокармина. Убрав лишние ткани, препарат накрывают покровным стеклом и осторожно подогревают на спиртовке.

3. Рассматривают под микроскопом и подсчитывают количество фертильных и стерильных пыльцевых зерен. У фертильных пыльцевых зерен зернистая цитоплазма и спермии окрашены в густой карминово-красный цвет. Стерильные пыльцевые зерна почти не окрашиваются кармином или окрашиваются неравномерно. Их содержимое часто отходит от оболочки и находится на разных этапах гибели. Спермиев в таких пыльцевых зернах нет (рисунок 57).



**А – фертильная пыльца (1 – спермии); Б – стерильная пыльца (1 – содержимое отошло от оболочки, 2 – погоибшие вегетативное и генеративное ядро)**

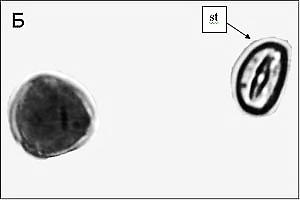
**Рисунок 57 – Пыльцевые зерна пшеницы после окраски ацетокармином**

Указанные различия между фертильными и стерильными пыльцевыми зернами легко установить, если пыльца имеет тонкую экзину. Толстая экзина маскирует содержимое пыльцы. У многих видов растений спермии образуются не в пыльце, а в пыльцевых трубках во время их прорастания в столбике и судить о фертильности приходится по относительному окрашиванию их содержимого. Кроме того, необходимо учитывать степень развития пыльцы. Так, например, в колосе пшеницы в одних цветках пыльцевые зерна несут спермии, а в других – недозрелые пыльцевые зерна с одним-двумя ядрами. У отдаленных гибридов выделяют 5 типов пыльцевых зерен (1 – нормальные с одним ядром и двумя эллиптическими ядрами спермиев; 2 – почти нормальные с одним ядром и двумя эллиптическими ядрами спермиев; 3 – двуядерные; 4 – одноядерные; 5 – абортивные или стерильные). Что еще больше усложняет анализ на определение фертильности, так как только первый тип обладает способностью к функционированию.

4. Результаты исследования пыльцевых зерен заносят в таблицу 9.

**Задание 2. Определить фертильность пыльцы различных культур йодным методом.**

В основе йодного метода лежит определение крахмала при помощи йодной реакции. Фертильные и стерильные пыльцевые зерна отличаются по содержанию крахмала; обычно фертильное пыльцевое зерно полностью заполнено крахмалом, а стерильное не имеет его совсем или содержит следы (рисунок 58).



St

**Рисунок 58 – Фертильные и стерильные пыльцевые зерна после окраски йодным методом (люцерна посевная)**

1. Реактив готовится следующим образом. В 5 мл дистиллированной воды растворяют 2 г йодистого калия при нагревании, а затем добавляют 1 г чистого йода и доливают дистиллированной водой до 300 мл.

2. Зрелые пыльники вскрывают двумя иглами на предметном стекле, смачивают йодным раствором и, удалив лишние ткани, накрывают покровным стеклом.

2. Под микроскопом рассматривают и устанавливают фертильные пыльцевые зерна по темно-фиолетовому (почти черному) цвету, а стерильные пыльцевые зерна остаются неокрашенными, т.к. не содержат крахмала или имеют следы его. Неокрашенными оказываются и оболочки пыльцевых зерен.

3. Подсчитывают количество фертильных и стерильных пыльцевых зерен и результаты заносят в таблицу 9.

Таблица 9. Определение фертильности и стерильности пыльцы различными методами

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Объект исследования | Номер поля зрения | Число пыльцевых зерен | |
| фертильных | стерильных |
| Ацетокарминовый метод | | | |
|  |  |  |  |
| Йодный метод | | | |
|  |  |  |  |

**Тема 12. Определение жизнеспособности пыльцы**

Жизнеспособность пыльцы – это свойство пыльцевых зерен сохранять способность к прорастанию.

Известно несколько методов определения жизнеспособности пыльцы в лабораторных условиях. Пыльцу либо проращивают на искусственной среде во влажной камере, либо определяют наличие в ней ферментов, связанных с жизненными процессами. Рассмотрим некоторые из них.

**Определение жизнеспособности пыльцы методом П.И. Диакону.**

О жизнеспособности пыльцы судят по наличию активных дыхательных ферментов дегидрогеназ, в присутствии которых бесцветный раствор 2,3,5 – трифелитетразола хлористого восстанавливается в формазан ярко-красного цвета. Погибшие пыльцевые зерна остаются бесцветными. Необходимы следующие препараты:

1. 1/15М раствор Na2HPO4×2H2O;

2. . 1/15М раствор KH2PO4

3. фосфатный буфер Сёренсена (pH 7,17); для его получения соединяют 70 мл . 1/15М раствор Na2HPO4×2H2O и 30 мл раствора КР2PO4;

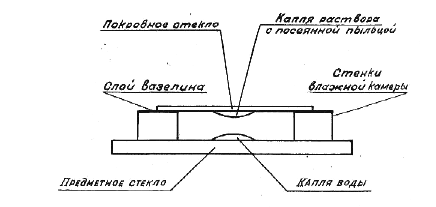
4. 0,5–0,1 % раствор 2,3,5-трифенилтетразола хлористого в 1/15М фосфатном буфере Сёренсена с pH7,17 (в качестве буфера используют раствор 3).

Пыльцу помещают в 1–2 капли 0,5–0,1 % раствора 2,3,5-трифенилтетразола хлористого в 1/15М фосфатного буфера Сёренсена с рН 7,17, накрывают покровным стеклом и ставят в термостат при 370 °С на 20–30 минут. Под микроскопом просматривают 5 полей зрения в каждом из 3–5 препаратов. Окрашенные в красный цвет пыльцевые зерна относят к жизнеспособным.

Метод дает четкие результаты при работе со многими сельскохозяйственными культурами.

**Определение жизнеспособности пыльцы методом В. С. Шардакова** основан на выявлении фермента пероксидаза в жизнеспособных пыльцевых зернах. В данном случае в присутствии бензидина живая пыльца (содержащая пероксидазу) окрашивается в ярко-розовый цвет или темно-красный. Погибшая пыльца не окрашивается. Недостаток данного метода заключается в том, он дает завышенные результаты при исследовании хранившейся пыльцы.

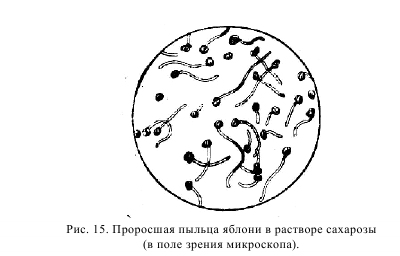
**Проращивание пыльцы в камере Ван-Тигема** основан на прорастании жизнеспособной пыльцы на питательной среде во влажной камере. Камера Ван-Тигема состоит из кольца длиной 5–7 мм и диаметром 10–12 мм. Кольцо с отшлифованными краями приклеивают парафином в центр предметного стекла. Верхний край смазывают вазелином, а внутрь него на дно наносят каплю воды. Сверху кольцо закрывают покровным стеклом, в центре которого помещена капля питательной среды с пыльцой (рисунок 59).



**Рисунок 59 – Камера Ван-Тигема для проращивания пыльцы**

**Определение жизнеспособности пыльцы методом Д.А. Транковского.** Для определения жизнеспособности пыльцы широко применяют метод проращивания ее в искусственной среде, разработанный в 1929 г. профессором С.А. Транковским.

Пыльцу проращивают в 1 % растворе агар-агара с добавлением 10–15 % раствором сахарозы при комнатной температуре (20–25 °С). В этой среде хорошо прорастает пыльца гороха, вики, бобов, картофеля, томатов, лука, конопли, яблони и других культур (рисунок 60).



**Рисунок 60 – Проросшая пыльца яблони**

**Материалы и оборудование:** 1) цветущие растения; 2) микроскоп; 3) предметные и покровные стекла; 4) чашки Петри; 5) фильтровальная бумага; 6) сахарово-агаровый раствор; 7) дистиллированная вода; 8) препаровальная игла.

**Задание 1. Познакомиться с методикой приготовления раствора агар-агара с сахарозой.**

Для приготовления 1 % агар-агара с сахарозой мелко нарезают сухой агар-агар, отвешивают 1 г, высыпают в колбу с 50 мл дистиллированной воды и ставят в термостат при температуре 40–60 °С на несколько часов для набухания. Затем готовят раствор сахарозы, для чего растворяют в 50 мл дистиллированной воды 10–15 г сахара. Растворы объединяют и ставят на водяную баню и доводят до кипения. Иногда добавляют растворы марганцовокислого калия или бромистого калия. В этом случае у некоторых культур (горох, кормовые бобы и др.) повышается процент проросшей пыльцы.

Готовый раствор наливают в чистую стерильную пробирку, закрытую пробкой, через которую пропущена стеклянная палочка. Пробирку помещают в сосуд с горячей водой.

**Задание 2. Произвести посев и прорастить пыльцу на искусственной среде.**

На чистое обезжиренное предметное стекло наносят каплю агар-агара с сахарозой. На эту каплю высевают пыльцу из зрелых пыльников изучаемого растения. Предметное стекло помещают во влажную камеру в чашку Петри, дно и крышка которой выложены смоченной фильтровальной бумагой. Чашку Петри для быстрого прорастания пыльцы помещают в термостат с температурой 20–25 °С на 30–60 мин.

**Задание 3.Рассмотреть под микроскопом и сосчитать пыльцевые зерна проросшие, не проросшие и лопнувшие**.

Чашку Петри по истечению вынимают из термостата, достают покровное стекло, просматривают под микроскопом и зарисовывают. В 3–5 полях зрения подсчитывают пыльцевые зерна, образовавшие пыльцевые трубки, а также не проросшие и лопнувшие зерна. Данные подсчетов заносят в таблицу 10. Вычислить процент жизнеспособной пыльцы по исследуемым культурам.

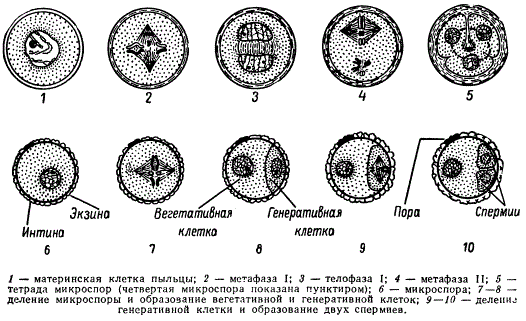
Таблица 10. Определение жизнеспособности пыльцы методом Д. А. Транковского

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Культура, сорт | Число пыльцевых зерен | | |
|  | всего | проросших | не проросших |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**Тема 13. Спорогенез и гаметогенез**

Образование половых клеток у высших растений происходит в два этапа: спорогенеза и гаметогенеза.

Спорогенез – процесс образования гаплоидных спор, в основе которого лежит мейоз. Спорогенез происходит в пыльниках и состоит из двух процессов: микроспорогенеза и микрогаметогенеза. Микроспорогенез – процесс образования микроспор в микроспорангиях (пыльцевых гнездах). Микрогаметогенез – развитие из микроспор мужского гаметофита (пыльцевого зерна) (рисунок 61).



**1 – материнская клетка пыльцы, 2 метафаза 1, 3 – телофаза, 4 – метафаза 2,**

**5 – тетрада микроспор, 6 – микроспора, 7–8 – деление микроспоры и образование вегетативной и генеративной клеток, 9–10 – деление генеративной клетки иобразование двух спермиев**

**Рисунок 61 – Схема микроспорогенеза (1-6) и микрогаметогенеза (5-10) у растений**

Гаметогенез или предзародышевое развитие – процесс созревания половых клеток, или гамет, которые созревают в семяпочке, развивающейся в завязи. Гаметогенез состоит из двух процессов мегаспорогенеза и мегагаметогенеза. Процесс образования в нуцеллусе семязачатка называется мегаспорогенезом, а процесс формирования женского гаметофита (зародышевого мешка) – мегагаметогенез.

**Материалы и оборудование**: микроскоп, постоянные препараты, схемы, микрофотографии мужского гаметофита, женского гаметофита, зародышевых мешков.

**Задание 1.** **Используя готовые микропрепараты, микрофотографии и схемы, изучить особенности процесса формирования мужского гаметофита различных представителей цветковых. Зарисовать разные стадии микрогаметогенеза у изученных цветковых растений.**

Перед фиксацией пыльников (ржи, пшеницы и др. культур) необходимо убедиться в том, что в данном соцветии идет микроспорогенез или микрогаметогенез, после чего фиксировать материал. Обычно у злаковых культур микроспорогенез протекает за 3–7 дней до колошения, а микрогаметогез – через 2–5 дней после колошения. Проводят фиксацию по Навашину или по Карнуа. Окрашивать препараты лучше всего гематоксилином по Гейденгайну или Феленгу.

Препараты необходимо тщательно рассмотреть под микроскопом и зарисовать этапы микроспорогенеза, протекающие по сукцессивному и симультанному типам. Затем рассмотреть под микроскопом и зарисовать препараты, в которых протекает мегаспорогенез.

**Задание 2. Используя микрофотографии и схемы, ознакомиться с особенностями формирования женского гаметофита (макрогаметогенеза) у покрытосеменных растений, типами зародышевых мешков у цветковых растений. Зарисовать этапы формирования женского гаметофита у изученных растений**.

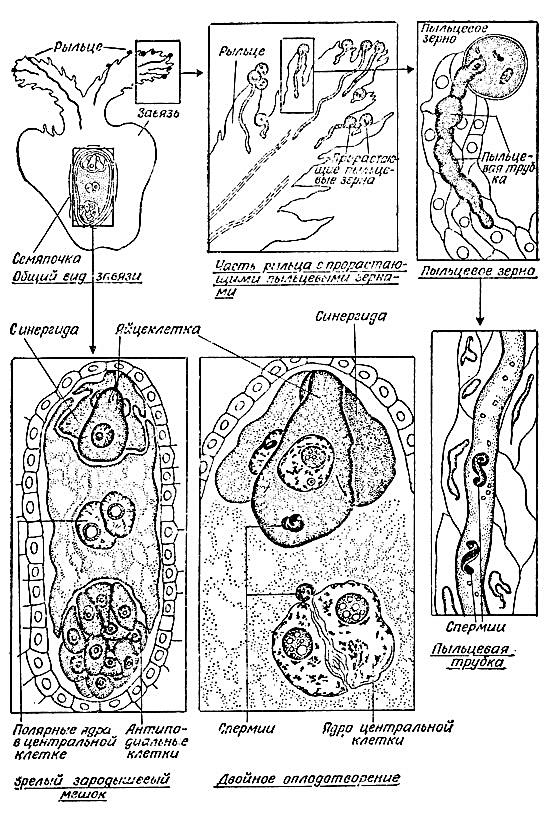
Для изучения развития зародышевого мешка следует фиксировать пестики, взятые из цветков, которые находятся в разной степени развития: в бутонах, перед цветением, во время цветения и т. д. У пшеницы формирование зародышевого мешка начинается за 1–3 дня до колошения и заканчивается спустя 1–3 дня после колошения. Созревает зародышевый мешок за 2–3 дня до цветения. У ячменя формирование зародышевого мешка заканчивается до колошения, у гороха – в бутонах.

Постоянные препараты рассмотреть внимательно под микроскопом и зарисовать этапы макроспорогенеза и сформировавшийся зародышевый мешок.

Особое внимание обратить на расположение и строение яйцеклетки, полярных ядер, клеток антипод.

**Тема 14. Двойное оплодотворение у покрытосеменных растений**

Процесс оплодотворение у покрытосеменных растений отличается от всех других организмов наличием у них двойного оплодотворения, открытого в 1898 г. С. Г. Навашиным. Он впервые показал, что у покрытосеменных растений в пыльцевом зерне содержатся 2 спермия. При оплодотворении один из спермиев сливается с ядром яйцеклетки, другой – с ядром центральной клетки (или с полярными ядрами) (рисунок 62). Процесс оплодотворения у покрытосеменных растений протекает следующим образом. На рыльце пестика прорастает довольно много пыльцевых зерен. Они образуют длинные пыльцевые трубки, которые врастают в ткань рыльца пестика за счет вегетативной клетки.



**Рисунок 62 – Двойное оплодотворение у пшеницы**

Однако не все из них продолжают расти дальше, и достигают завязи. Проникая в зародышевый мешок через микропиле (у большинства растений), пыльцевая трубка изливает свое содержимое в одну из синергид. Высвобождается пара спермиев, и один спермий сливается с ядром яйцеклетки с образованием зиготы. В зиготе объединяется наследственная информация материнского и отцовского организма и восстанавливается парность гомологичных хромосом. Путем митотических делений зигота превращается в зародыш семени, все клетки которого имеют диплоидный набор хромосом (2n). Второй спермий сливается с диплоидным ядром центральной клетки зародышевого мешка. От слияния этих ядер образуется первичное ядро эндосперма с триплоидным набором хромосом (3n). Процесс двойного оплодотворения у различны характеризуется своими особенностями.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, постоянные препараты, микрофотографии и схемы процесса двойного оплодотворения.

**Задание. Ознакомиться с методикой приготовления препаратов прорастающих пыльцевых трубок. Рассмотреть постоянные препараты и зарисовать зародышевые мешки во время оплодотворения.**

Опыленное рыльце фиксируют 1 ч в уксусном алкоголе (3:1).

Для мацерации его помещают в горячий 45 % раствор уксусной кислоты при t 60 °С на 10–60 мин. Окрашивание проводят раствором состоящим из 7,5 мл 2 % раствора сафранина, 1 мл 45 % раствора уксусной кислоты. Раствор нагревают до 75 °С и перед использованием его фильтруют. Рыльце перед окрашиванием осторожно расчленяют иглой. Окрашивают в течение 5–15 мин. Затем препарат раздавливают и изучают под микроскопом.

Прорастающие пыльцевые зерна на рыльце и в столбике хорошо наблюдать после окраски ацетокармином. Для этого готовят 45 % раствор ацетокармина с глицерином или молочной кислотой в соотношении 1:1.

Опыленные столбики помещают в этот раствор, подогревают и изучают под микроскопом. Пыльцевые трубки хорошо выявляются раствором йода в йодистом калии.

**Тема 15. Определение реальной и потенциальной продуктивности в ходе онтогенеза**

Онтогенез (от [др. - греч.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) ontos – сущий и genesis – зарождение) – индивидуальное развитие [организма](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BC), совокупность последовательных морфологических, физиологических и биохимических преобразований, претерпеваемых организмом, от [оплодотворения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) (при [половом размножении](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)) или от момента отделения от материнской особи (при [бесполом размножении](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B5_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)) до естественной смерти.

Рассмотрим фазы развития и этапы органогенеза на примере пшеницы. Необходимо отметить, что озимая и яровая пшеница имеют различия по биологии развития. Озимая пшеница имеет более длительный вегетационный период, поэтому формирует более развитую вегетативную и генеративную сферы. Благодаря чему более полно реализует свой потенциал урожайности. У пшеницы, как и у других зерновых выделяют следующие фазы развития и этапы органогенеза:

1. Прорастание семян, всходы (I этап – дифференциация т рост зародышевых органов);

2. Третий лист, кущение (II этап – дифференциация основания конуса на зачаточные узлы, междоузлия и стеблевые листья; III этап – дифференциация главной оси зачаточного соцветия и брактей – листьев верховой формации в зоне соцветия);

3. Начало выхода в трубку (VI этап – образование конусов нарастания второго порядка);

4. Выход в трубку – начало стеблевания (V этап – закладка покровных органов цветка, тычинок и пестика; VI этап – формирование соцветия и цветка – микро- и макроспорогенез; VII этап – гаметогенез, рост покровных органов, удлинение члеников колосового стержня);

5. Колошение (VIII этап – завершение процессов формирования всех органов соцветия и цветков);

6. Цветение (IX этап – оплодотворение и образование зиготы; X этап – рост и формирование зерновки);

7. Налив семени, молочная спелость (XI этап – накопление питательных веществ в зерновке);

8–9. Восковая и полная спелость (XII этап – превращение питательных веществ в запасные).

Подсчет цветковых бугорков проводят на 4–6 этапе органогенеза. На 6 этапе идет усыхание, гибель цветков из-за нехватки питательных веществ, в результате часть зачаточных цветков рассасывается, и эти вещества идут на рост и развитие растения.

**Материалы и оборудование**: 1) фиксированные зачаточные колоски; 2) зрелые колоски; 3) микроскоп; 4) препаровальная игла; 5) пинцет; 6)предметные стекла.

**Задание 1. Изучить методику подготовки материала к фиксации.**

Фиксация проводится колосков в фазу начало – выход в трубку (4–6 этап органогенеза), когда формирующийся колосок отошел от узла на 1,5–2 см. Фиксацию производят в 60 % растворе спирта и 4 % формалина в соотношении 1:1.

**Задание 2. Рассмотреть колоски под микроскопом. Подсчитать и зарисовать цветковые бугорки**. **Подсчитать количество колосков и зерен на созревших колосьях. Определить процент реализации потенциала продуктивности.**

Освободить колосок от покровов. Поместить его на предметное стекло и рассмотреть под микроскопом. Подсчитать количество колосков и цветковых бугорков на каждом колоске. Составить схему (рисунок 63).

**26|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|13**

**Количество колосков**

**25|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|12**

**24|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|11**

**23|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|10**

**22|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|9**

**21|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|8**

**20|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|7**

**19|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|6**

**18|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|5**

**17|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|4**

**16|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|3**

**15|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|2**

**14|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|1**

**10 8 6 4 2 0 2 4 6 8 10**

**(Количество цветков в колосках)**

**Рисунок 24. Схема для модели формирования продуктивности колосков**

Полученные результаты занести в таблицу 11.

Таблица 11. Результаты исследования по реализации потенциала продуктивности

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Культура, сорт | № колоса | Этапы органогеза | | | | % реализации потенциала продуктивности | |
| IV–VI этап | | XII этап | |
| колосков | Цветковых бугорков | колосков | Цветков (зерен) | колосков | цветков |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| n |  |  |  |  |  |  |  |
| Среднее |  |  |  |  |  |  |  |

**6. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИТОЛОГИЯ»**

1. **Амитоз – это:**
2. прямое деление ядра на две части без участия аппарата деления;
3. выпадение митоза и замена эквационным делением ядра;
4. прямое деление ядра на две части с участием аппарата деления;
5. процесс репродукции, при котором отсутствуют важнейшие элементы деления.
6. **Мейоз – это:**
7. механизм, посредством которого самоудваиваются хромосомы;
8. процесс, характеризуемый расположением хромосом по экватору клетки;
9. деление клеточного ядра, связанное с уменьшением (редукцией) числа хромосом;
10. деление клеточного ядра, предшествующее образованию половых клеток и связанное с уменьшением (редукцией) числа хромосом, свойственного соматической клетке, в 2 раза.
11. **Типы мейоза – это**:
12. зиготный, гаметный, споровый, или промежуточный;
13. мегаспорный, маркерный, простой;
14. зиготный, гаметный, соматический;
15. межаллельный, соматический, диплоидный.
16. **Гетерохроматиновые участки – это**:
17. внезапное появление фенотипических изменений;
18. часть хромосомного материала сконденсированного в ядре;
19. часть хромосомного материала – хроматина, максимально сконденсированного в ядре;
20. вещество на хромосоме, наблюдаемое фенотипически.
21. **Эухроматиновые участки – это**:
22. удвоенное количество хроматина на участке хромосомы;
23. комплекс нуклеиновой кислоты, позволяющий обнаружить двунитчатость ДНК;
24. участок хромосомы с уровнем скручивания (конденсации);
25. участок хромосомы с нормальным уровнем скручивания (конденсации) в течение митоза и раскручивания (деконденсации) в период интерфазы: активный хроматин.
26. **Эндомитоз – это:**
27. удвоенное количество хромосом остаётся в одном ядре, поскольку не образуется веретено деления и не разрушается ядерная оболочка;
28. механизм, обеспечивающий удвоение хромосом с последующим образованием веретена деления и расхождением хроматид;
29. удвоенное количество хромосом, механизм обуславливающий отхождением отдельных хромосом к разным полюсам;
30. процесс, обуславливающий минимальное разделение хромосом с отхождением отдельных к разным полюсам.
31. **Хромосомы гомологичные – это**:
32. парные хромосомы, нормально конъюгирующие между собой в пахинеме мейоза;
33. самовоспроизводящиеся элементы клеточного ядра;
34. самовоспроизводящиеся типы хромосом;
35. относительно стабильные типы хромосом.
36. **Кариотип – это**:
37. совокупность хромосом организма в соматических клетках, т.е. набор, определяемый числом, формой и величиной;
38. графическое изображение набора хромосом с указанием их величины;
39. набор хромосом организма в соматических клетках;
40. описание физически или генетически установленных позиций хромосомы.
41. **Кариограмма – это:**
42. последовательность участков хромосом, проидентифицированных по выявлению расстояния;
43. механизм изображение хромосом кариотипа;
44. графическое изображение всех хромосом кариотипа с учетом всех морфологических деталей: длины и толщины плеч хромосом, расположения центромеры;
45. последовательность распределения хроматина.
46. **Рибосома – это:**
47. асимметричная клеточная рибонуклеопротеидная частица, состоящая из двух субъединиц, отвечающих за синтез белка;
48. мелкие растительные клетки, связанные единой функцией в синтезе белка;
49. клеточная рибонуклеопротеидная частица, образованная из единственного протопласта, отвечающая за синтез белка;
50. органеллы, образованные из единственного протопласта, отвечающие за синтез белка.
51. **Лизосомы – это:**
52. органеллы клеток, имеющих однослойную мембрану, которые содержат ряд гидролитических ферментов;
53. органеллы, выполняющие запасающую функцию;
54. органеллы клеток, выполняющие запасающую функцию, которые содержат гидролитические ферменты;
55. вакуоли, образуемые одно- или двуслойными мембранами и наполненные лецитинами.
56. **Митохондрия – это**:
57. органелла, окруженная мембранной, встречающаяся у эукариот;
58. органелла, имеющая две мембраны – внутренняя с кристами;
59. органелла, имеющая одну мембрану, встречается у эукариот;
60. органелла, способная самовоспроизводится и встречающаяся у прокариот и эукариот.
61. **Пластиды – это:**
62. органелла, имеющаяся в цитоплазме растений, включающая две мембраны;
63. органелла, интегрирующая в себе ДНК, РНК и пигмент;
64. органелла, включающая две мембраны, содержащая белки;
65. органелла, лишенная клеточной оболочки и содержащая зерна крахмала и белки.
66. **Изучать структуру органоидов клетки позволяет метод**:
67. светового микроскопирования;
68. центрифугирования и светового микроскопирования;
69. электронного микроскопирования;
70. центрифугирования.
71. **Для изучения строения молекул полисахаридов и их роли в клетке используют метод:**
72. биохимический;
73. электронной микроскопии;
74. биологический;
75. цитогенетический.
76. **Главным структурным компонентом ядра являются**:
77. хромосомы;
78. рибосомы;
79. пластиды;
80. митохондрии.
81. **Какой клеточный органоид не содержит ДНК?**
82. вакуоль;
83. рибосома;
84. митохондрии;
85. хлоропласт.
86. **Основная функция митохондрий**:
87. редупликация ДНК;
88. биосинтез белка;
89. редупликация ДНК, биосинтез белка;
90. синтез АТФ.
91. **Наследственная информация о признаках организма сосредоточена в молекулах**:
92. тРНК;
93. ДНК;
94. белков;
95. иРНК.
96. **Полинуклеотидные нити в молекуле ДНК удерживаются рядом за счёт связей между:**
97. комплементарными азотистыми основаниями;
98. остатками фосфорной кислоты;
99. белками;
100. аминокислотами.
101. **Митоз – это**:
102. способ деления соматических клеток, обеспечивающий тождественное распределение генетического материала между дочерними клетками;
103. наиболее распространенный способ деления неполовых клеток надвое;
104. способ деления клеток обеспечивающих быстрое омолаживание;
105. способ деления клеток при интенсивном наращивании продуктивности.
106. **Двухроматидные хромосомы во время мейоза отходят к полюсам клетки в**:
107. анафазе I деления;
108. анафазе II деления;
109. профазе I деления;
110. профазе II деления.
111. **В процессе митоза клеточный центр отвечает за:**
112. образование веретена деления;
113. спирализацию хромосом;
114. биосинтез белков.
115. **Мейоз отличается от митоза**:
116. наличием интерфазы;
117. наличием анафазы и телофазы;
118. числом дочерних клеток и набором хромосом в них;
119. наличием профазы, метафазы, анафазы и телофазы;
120. **Значение митоза состоит в увеличении числа**:
121. хромосом в половых клетках;
122. клеток с набором хромосом;
123. клеток с набором хромосом, равным материнской клетке;
124. молекул ДНК по сравнению с материнской клеткой.
125. **Деспирализация хромосом при делении клетки происходит в**:
126. профазе;
127. анафазе;
128. метафазе;
129. телофазе.
130. **Органогенез – это процесс формирования в онтогенезе:**
131. зародышевых листков;
132. зачатков органов и тканей;
133. зародышевых листков, бастулы;
134. бластулы.
135. **Гомологичные хромосомы содержат наследственную информацию в форме**:
136. аллелей;
137. признаков;
138. признаков и белков;
139. белков.
140. **Плазматическая мембрана**:
141. обладает избирательной проницаемостью;
142. полностью проницаема для различных веществ;
143. обладает проницаемостью для различных веществ, состоит из клетчатки;
144. состоит из клетчатки.
145. **Транспорт макромолекул в клетку осуществляется в процессе**:
146. облегченной диффузии;
147. экзоцитоза;
148. диффузии;
149. эндоцитоза.
150. **Гиалоплазма – это**:
151. содержимое митохондрий;
152. внутренний слой митохондрий;
153. вещество цитоплазмы за исключением органелл;
154. наружный слой плазмалеммы клеток животных.
155. **Ядро имеют все клетки**:
156. за исключением клеток прокариот;
157. эукариот, за исключением клеток грибов и лишайников;
158. эукариот, за исключением лишайников;
159. эукариот, за исключением клеток водорослей.
160. **В клетках прокариот, в отличие от эукариот, наследственная информация находится в:**
161. ядре;
162. митохондриях;
163. ядерном веществе;
164. хлоропластах.
165. **Центром управления обменом веществ клетки является**:
166. нуклеоплазма;
167. ядрышко;
168. ядрышко и нуклеоплазма;
169. ядро.
170. **Ядерный матрикс иначе называется**:
171. ядерная пора;
172. микоплазма;
173. ядро;
174. нуклеоплазма.
175. **Ядерный матрикс – это**:
176. гелеобразное содержимое ядра;
177. совокупность хромосом соматической клетки;
178. гелеобразное содержимое хромосом клетки;
179. ядерный организатор.
180. **Содержание нуклеоплазмы**:
181. белки, РНК;
182. рибосомы, РНК, ДНК;
183. нуклеотиды;
184. липиды, нуклеотиды.
185. **Ядерная пора представляет собой**:
186. сквозное отверстие в двойной ядерной оболочке;
187. белок, встроенный в одинарную ядерную мембрану;
188. отверстие в ядерной оболочке;
189. белок, встроенный во внутреннюю ядерную мембрану.
190. **Ядро клетки состоит из**:
191. ядерной мембраны без пор, ядрышка и хроматина;
192. ядерной оболочки без пор, ядрышка и хроматина;
193. ядерной оболочки с порами, ядрышка, хроматина и нуклеоплазмы;
194. ядерной оболочки с порами, ядрышка и хроматина.
195. **Кинетохор – это:**
196. содержимое ядра;
197. набор хромосом соматической клетки;
198. набор хромосом в области центромеры;
199. фибриллярное тельце хромосомы, расположенное в области центромеры.
200. **Эндоплазматический ретикулум, в отличие от комплекса Гольджи**:
201. имеет однослойную мембрану;
202. может быть связан с ядерной оболочкой;
203. не может синтезировать белки;
204. может синтезировать белки, имеет однослойную мембрану.
205. **Рибосомы располагаются**:
206. в ядре;
207. в комплексе Гольджи;
208. на поверхности эндоплазматического ретикулума.
209. в хромосоме.
210. **Время жизни клетки от окончания синтеза ДНК и до начала митоза называется**:
211. постмитотическим периодом;
212. амитотическим периодом;
213. амиточическим и зиготическим периодами;
214. зиготическим периодом.
215. **Время жизни клетки от момента ее образования до момента деления или смерти называется**:
216. ядерным циклом;
217. клеточным циклом;
218. циклом ядра;
219. для этого периода нет особого названия.
220. **В интерфазе митотического цикла происходит**:
221. спирализация хроматид гомологичных хромосом в материнской клетке;
222. репликация ДНК в материнской клетке;
223. деспирализация хроматид гомологичных хромосом в дочерних клетках;
224. спирализация хроматид гомологичных хромосом в материнских и дочерних клетках.
225. **Какая из перечисленных фаз не является фазой митоза**:
226. метафаза;
227. анафаза;
228. интерфаза;
229. профаза.
230. **Во время анафазы к полюсам делящейся клетки отходят**:
231. ядра;
232. хромосомы;
233. хроматиды;
234. удвоенные хромосомы.
235. **В митотическом цикле удвоение количества ДНК происходит**:
236. в метафазе;
237. анафазе;
238. в интерфазе;
239. на протяжении всего митоза.
240. **Распределение хромосом между дочерними клетками при митозе происходит**:
241. благодаря нитям веретена деления, крепящимся к центриолям;
242. благодаря нитям веретена деления крепящимся к хромосомам;
243. благодаря нитям веретена деления, крепящимся к плечам хромосом;
244. случайным образом.
245. **Во время митоза лучше всего хромосомы видны в период, который называется**:
246. анафазой;
247. метафазой;
248. интерфазой;
249. на протяжении всего митоза.
250. **Биологический смысл митоза, состоит в том, что**:
251. каждая дочерняя клетка получает половину исходного набора хромосом;
252. каждая дочерняя клетка получает вдвое больше исходного набор хромосом;
253. каждая дочерняя клетка получает набор хромосом;
254. каждая дочерняя клетка получает одинаковый с исходным набор хромосом.
255. **Пахинема - это**:
256. стадия, когда клетка утрачивает способность к делению (например, нервная клетка);
257. утрачивание способности клетки к делению;
258. стадия профазы первого деления мейоза;
259. совокупность процессов, происходящих в растительных клетках во время телофазы.
260. **При прямом бинарном делением сам процесс деления осуществляет**:
261. ДНК;
262. мезосома;
263. мембрана клетки;
264. РНК.
265. **Первое деление мейоза называется**:
266. бинарным;
267. биологическим;
268. конъюгационным;
269. редукционным.
270. **Процесс конъюгации хромосом происходит**:
     1. в анафазе I;
     2. в анафазе II;
     3. в профазе I;
     4. в профазе II.
271. **Кроссинговер происходит во время**:
272. первого деления мейоза;
273. второго деления мейоза;
274. третьего деления мейоза;
275. во время первого и второго деления мейоза.
276. **Перекрест гомологичных хромосом и обмен соответствующими участками между их хроматидами – это**:
277. кроссинговер;
278. конъюгация;
279. мезосома;
280. деспирализация.
281. **В результате первого мейотического деления дочерние клетки получают**:
282. диплоидный набор хромосом, представленных одной хроматидой;
283. гаплоидный и диплоидный наборы хромосом;
284. гаплоидный набор хромосом, представленных одной хроматидой;
285. гаплоидный набор хромосом, представленных двумя хроматидами.
286. **Второе мейотическое деление**:
287. следует сразу за первым;
288. следует за первым после нескольких актов митоза;
289. следует за первым после нескольких актов удвоения числа хромосом;
290. следует за первым после удвоения числа хромосом.
291. **Биологический смысл мейоза заключается в том, что**:
292. генетический состав гамет является постоянным для каждого вида организмов;
293. поддерживается количественное постоянство хромосомного набора эукариотических организмов;
294. поддерживается количественное постоянство набора хромосом;
295. при делении происходит такое распределение хромосом, что дочерние клетки имеют неравное количество хромосом.
296. **Соматический кроссинговер – это**:
297. кроссинговер, происходящий между сестринскими хроматидами гомологичных хромосом;
298. кроссинговер, происходящий между несестринскими хроматидами гомологичных хромосом при митозе;
299. кроссинговер, происходящий только в эмбриональных тканях зародыша;
300. кроссинговер, происходящий в эндосперме.
301. **Аллополиплоид – это**:
302. организм, имеющий сбалансированный набор хромосом от разных видов;
303. гибридный организм, в клетках которого произошло объединение хромосомных наборов;
304. гибридный организм, в клетках которого произошло объединение хромосомных наборов от разных видов и родов;
305. число хромосом, содержащихся в зиготе, равно среднему арифметическому от видового набора.
306. **Клеточная теория – это**:
307. теория, согласно которой в основе строения и развития всех организмов лежит клетка;
308. теория, позволяющая доказать, что ткани состоят из клеток;
309. теория, об составе органоидов и их функциях;
310. теория, содержащая положения об составе органоидов и их функциях.
311. **Клетка – это**:
312. единица живого, нуждающаяся во внешних факторах роста, которые должны быть оптимальными;
313. основная структурно-функциональная единица всех живых организмов, способная к самовоспроизведению;
314. структурно-функциональная единица всех живых организмов;
315. единица, продуцируемая от других клеток, представленная всеми компонентами, продуцируемых при делении.
316. **Редупликация ДНК в клетке проходит в**:
317. профазе;
318. метафазе;
319. анафазе;
320. интерфазе.
321. **С открытием мейоза «гипотеза чистоты гамет» получила подтверждение**:
322. цитологическое;
323. эмбриологическое;
324. биологическое;
325. гистологическое.
326. **Поворот ДНК на 1800 – это мутация**:
327. генная;
328. геномная;
329. сложная;
330. хромосомная.
331. **Физико-химические свойства гиалоплазмы – это**:
332. коллоидность, плотность структуры переход от золя к гелю;
333. микротрабекулярность системы с микрофилатентами;
334. плотность структуры;
335. сложность и представленность органическими и неорганическими веществами.
336. **В чем различие хлоропластов и митохондрий**:
337. хлоропласты – органеллы клетки, обусловливающие накопление углеводов в процессе фотосинтеза; митохондрии – это органеллы, являющиеся своего рода энергетической системой и центрами клеточного дыхания;
338. хлоропласты – органеллы клетки, участвующие в фотосинтезе; митохондрии – органеллы, необходимые эукариотической клетке;
339. хлоропласты – органеллы клетки, необходимые для накопления углеводов; митохондрии – органеллы, участвующие в фотосинтезе;
340. хлоропласты – это зеленые пластиды, нужные при фотосинтезе; митохондрии – энергетические станции.
341. **Специализация клеток обусловлена**:
342. взаимосвязью между структурой и функцией, структурой и обменом;
343. составом основных клеточных структур нуклеиновых кислот, углеводов, ферментов и т.п.;
344. основных клеточных структур нуклеиновых кислот;
345. ролью клеточных структур в процессе метаболизма.
346. **В чем отличие ядра эукариотических клеток от нуклеотида прокариот**:
347. эукариоты – генетический материал заключен в хромосомах и имеют оформленное ядро; прокариоты – не имеют оформленного ядра генетический материал лежит свободно в нуклеотиде и не образует настоящих хромосом;
348. эукариоты – высокоорганизованные клетки с органоидами и ядром имеются 2 и более хромосомы; прокариоты – примитивные, безъядерные с одной хромосомой;
349. эукариоты – клетки с органоидами и ядром; прокариоты – безъядерные с одной хромосомой;
350. эукариоты – ядро с конкретным набором хромосом; прокариоты – без ядра с одной хромосомой.
351. **В каких органах и тканях покрытосеменных растений были обнаружены политенные хромосомы**:
352. в семяпочках покрытосеменных растений;
353. в клетках обреченных на гибель;
354. в эндосперме и семяпочках;
355. только в эндосперме и синергидах рода Allium семейства Likiaceae.
356. **Семяпочка (семязачаток) – это**:
357. часть, находящаяся вблизи семявхода; служит для размножения растений;
358. зачаток семени внутри завязи, образующийся в результате оплодотворения у цветковых растений;
359. зачаток семени с помощью которого происходит развитие завязи у растений;
360. часть, с помощью которой происходит развитие семени в завязи покрытосеменных растений.
361. **Гиалоилазма – это**:
362. основное содержание цитоплазмы в котором во взвешенном состоянии находятся все органоиды;
363. матрикс, основное вещество – часть цитоплазмы клеток, в которой содержится ядро и все органоиды;
364. матрикс, содержащий весь комплекс химических веществ, органелл, обеспечивающих постоянство среды;
365. матрикс, содержащий вещество, в котором содержится ядро;
366. **Типы семяпочек (указать верный ответ**):
367. халазная, интегументная, микротропная, ограниченная;
368. атропная, анатропная, гелитропная, амфитропная;
369. мегаспорная, атропная, гелитропная, дифференцированная;
370. гипостантная, мегаспорная, дифференцированная, одноростковая.
371. **Типы развития эндосперма – это**:
372. клеточный, гелобиальный, ядерный;
373. ядерный, первичный, последовательный;
374. последовательный, клеточный;
375. первичный, клеточный, последовательный.
376. **Ксении – это**:
377. семена, отличающиеся только по крупности;
378. семена, обычно физиологически незрелые;
379. гибридные семена, фенотипически отличающиеся от других по окраске, форме и величине;
380. гибридные семена, отличающиеся по крупности.
381. **Общие требования при работе с фиксатором – это**:
382. фиксатор должен быть подогретым, количество фиксированной жидкости должно быть больше объема объекта.
383. фиксатор не должен быть тёплым; водные фиксаторы смешивают перед их употреблением; количество фиксирующей жидкости должно превышать объём в 20-40 раз;
384. фиксатор должен быть подобран к объекту, не должен быть холодным и поэтому перед употреблением согревается; количество фиксированной жидкости должно быть равное объёму объекта;
385. фиксатор не должен быть холодным и требует подогрева; количество фиксированной жидкости должно быть меньше объёма объекта.
386. **Глубина резкости изображения (Т) вычисляется по формуле**:
387. ;
388. ;
389. ;
390. .
391. **Типы аберраций объектива – это**:
392. сферическая; кома; дисторсия; кривизна поля зрения; астигматизм;
393. анастигматическая; апланатическая; ортоскопическая;
394. кома, дисторсия, анастигматическая, ортоскопическая, астигматизм;
395. хроматические аберрации, различные повреждения оптических стекал.
396. **Числовая, или нумерическая, апертура (А) – определяется как**:
397. ;
398. ;
399. ;
400. .
401. **Фокусное расстояние – это**:
402. 10-60 мм (слабые объективы); 1-8 мм (сильные объективы);
403. 50-60 мм (слабые объективы); 1-3 мм (сильные объективы);
404. 10-20 мм (слабые объективы); 4-8 мм (сильные объективы);
405. 20-40 мм (слабые объективы); 5-10 мм (сильные объективы).
406. **Рабочее расстояние – это**:
407. 15 мм для слабых объективов и 0,8 мм для сильных объективов;
408. 13,8 мм для слабых объективов и 0,6 мм для сильных объективов;
409. 20 мм для слабых объективов и 0,5 мм для сильных объективов;
410. 25 мм для слабых объективов и 0,3 мм для сильных объективов.
411. **Разрешающая способность – это**:
412. наименьшее расстояние между двумя линиями, которые можно раздельно видеть в микроскоп;
413. способность давать раздельное изображение точек объекта, расположенных рядом;
414. наименьшее расстояние между двумя линиями, способное давать раздельное изображение точек объекта;
415. видимое исследователем изображение объекта с учетом четкости и контрастности.
416. **Увеличение общее рассчитывается как**:
417. ;
418. ;
419. ;
420. .
421. **Увеличение полезное находим по формуле**:
422. ;
423. ;
424. ;
425. .
426. **Фиксация – это**:
427. способ подготовки объекта к исследованиям, после чего в клетке прекращаются жизненные процессы, а её химические компоненты осаждаются;
428. способ, позволяет обозначить клетки, уточнить их местонахождение перед их изучением под микроскопом;
429. способ подготовки объекта к исследованиям, позволяет обозначить клетки;
430. способ, облегчающий цитологические исследования, не позволяющий разрушить клетки при длительном наблюдении за ними.
431. **Подбор красителей для целей**:
432. только для выявления структур и придания им контрастности;
433. повышение контрастности структур, чтобы наблюдать за ними;
434. повышение контрастности структур и выяснения их химического состава;
435. только окрасить структуры клетки, чтобы явилось возможным наблюдать за ними.
436. **Микроспорангий – это**:
437. мужские спороносные клетки, продуцировавшие микроспоры;
438. спорангий, в котором развиваются микроспоры, у семенных растений;
439. мужские спороносные листья ископаемых семенных папоротников;
440. спорангий, в котором развиваются микроспоры, у семенных растений – гнездо пыльника.
441. **Выявление жизнеспособности пыльцы – это посредством методов**:
442. только проращивание пыльцы на питательных средах;
443. проращивания пыльцевых зерен на искусственной среде во влажной камере; определения наличия в пыльце ферментов; окраска пыльцы;
444. только посредством окрашивания пыльцевых зерен;
445. проращивание пыльцевых зерен на питательных средах.
446. **Мегаспорогенез – это**:
447. процесс образования мегаспор (макроспор) в семяпочках растений;
448. процесс у цветковых растений, приводящий к образованию гинецея;
449. процесс образования мегаспор у цветковых растений;
450. процесс, встречающийся у всех цветковых растений, формирующих пестик.
451. **Апогамия – это**:
452. элиминация гамет в зародышевом мешке покрытосеменных растений;
453. развитие зародыша без оплодотворения из вегетативной клетки гаметофита или спорофита;
454. развитие зародышевого мешка, элиминация гамет в зародышевом мешке у покрытосеменных растений;
455. развитие зародышевого мешка у покрытосеменных растений.
456. **Микроспора – отвечает**:
457. пыльцевому зерну голо- и покрытосеменных растений;
458. ненормально мелкие клетки у покрытосеменных растений;
459. пыльцевому зерну, образующейся при мейозе у покрытосеменных растений;
460. структуре, образующейся при мейозе у покрытосеменных растений.
461. **Адвентивный зародыш – это**:
462. зародыш, образовавшийся из эмбриональных тканей точки роста;
463. зародыш, образовавшийся из клеток эмбриональных тканей;
464. зародыш, образовавшийся из клеток нуцеллуса с последующим внедрением его в зародышевый мешок семязачатка;
465. зародыш, образовавшийся из придаточных почек на любом участке стебля.
466. **Партеногенез – это**:
467. всякое развитие эмбриона без участия мужского ядра;
468. одна из форм полового размножения, без участия мужского ядра;
469. одна из форм полового размножения, при которой яйцеклетки развиваются без оплодотворения;
470. развитие плодов растений без оплодотворения.
471. **Числовая, или нумерическая апертура (А) вычисляется по формуле**:
472. ;
473. ;
474. ;
475. .
476. **Партенокарпия – это**:
477. слияние двух женских ядер в один многоядерный оогон;
478. размножение за счёт неоплодотворенных зародышевых клеток;
479. образование бессемянных плодов;
480. девственное оплодотворение, образование бессемянных плодов.
481. **Апогамия – это**:
482. развитие зародышевого мешка из клеток нуцеллуса без редукционного деления (мейоза) у покрытосеменных;
483. вегетативный апомиксис: развитие зародышевого мешка из чисто соматических клеток (нуцеллуса и итегументов);
484. развитие зародышевого мешка из соматических клеток;
485. развитие зародыша в апоспорическом зародышевом мешке из синергид.
486. **Положение клеточной теории**:
487. хромосомы способны к самоудвоению;
488. в клетках имеются органоиды;
489. клетка происходит только от клетки;
490. в цитоплазме клетки имеются органоиды.
491. **Полиплоидные сорта пшеницы – это результат изменчивости**:
492. хромосомной;
493. генной;
494. сложной хромосомной;
495. геномной.
496. **Получение селекционерами сортов полиплоидной пшеницы возможно благодаря мутации**:
497. цитоплазматической;
498. генной;
499. геномной;
500. хромосомной.
501. **Выпадение участка хромосомы, в отличие от перекреста хроматид в мейозе, – это**:
502. конъюгация;
503. сложный кроссинговер;
504. мутация;
505. кроссинговер.
506. **Какой метод позволяет избирательно выделять и изучать органоиды клетки**?
507. окрашивание;
508. фиксация;
509. центрифугирование;
510. микроскопия.
511. **При партеногенезе развитие организма происходит из**:
512. зиготы;
513. гомозиготы;
514. неоплодотворённой яйцеклетки;
515. сперматозоида.
516. **Цитологические доказательства кроссинговера привел**:
517. 1912 г. Т. Морган;
518. 1901 г. Г.-де Фриз;
519. 1908 г. М. Мевес;
520. 1931 г. К. Штерн.
521. **Расхождение бивалентов в анафазе I мейоза**:
522. биваленты находятся в экваториальной плоскости веретена деления;
523. за счёт сокращения нитей веретена расходятся гомологии, которые несут разный набор аллелей генов (после кроссинговера);
524. к разным полюсам направляется набор хромосом;
525. за счёт сокращения нитей веретена расходятся гомологии несущие к разным полюсам набор хромосом.
526. **Причины генных мутаций – это нарушения, происходящие при**:
527. кроссинговере;
528. биосинтезе углеводов;
529. образование углеводов при биосинтезе;
530. образование АТФ.
531. **Первое деление мейоза отличается от второго деления мейоза**:
532. расхождением дочерних хроматид в образующиеся клетки;
533. расхождение дочерних хромосом и образованием гаплоидных клеток;
534. расхождением гомологичных хромосом и образованием двух гаплоидных клеток;
535. делением на две части первичной перетяжки хромосом.
536. **Гомологичными называются парные хромосомы, имеющие**:
537. одинаковую форму, размер и конъюгирующие в мейозе;
538. сходные размеры хромосом и конъюгирующие в митозе;
539. одинаковую форму, но разное число генов;
540. сходное строение, но разное число генов.
541. **Какова роль цитоплазмы в растительной клетке**:
542. защищает содержимое клетки от неблагоприятных условий;
543. обеспечивает избирательную проницаемость веществ;
544. защищает связь между ядром и клеткой;
545. осуществляет связь между ядром и органоидами.
546. **Пестролистность у ночной красавицы и львиного зева определяется изменчивостью**:
547. комбинативной;
548. хромосомной;
549. митохондриальной;
550. цитоплазматической.
551. **Атропный семязачаток – это**:
552. обращенный своим микропилле вверх в сторону рыльца;
553. обращенный вниз в сторону завязи;
554. обращенный в ткани халазы;
555. обращенный в ткани интегументов.
556. **Апикальная клетка предзародыша – это**:
557. нижняя клетка предзародыша, обеспечивающая верхушечный рост;
558. верхняя из двух лежащих одна над другой клеток предзародыша;
559. верхушечная клетка в которой происходят интенсивные процессы роста;
560. верхняя клетка предзародыша, в которой происходят интенсивные процессы роста.
561. **Базальный тип развития эндосперма – это**:
562. тип развития эндосперма, при котором первое деление первичного ядра эндосперма всегда сопровождается заложением поперечной клеточной стенки;
563. тип развития эндосперма, при котором первое деление первичного ядра эндосперма не всегда сопровождается заложением поперечной клеточной стенки;
564. тип развития эндосперма – при котором первое деление первичного ядра эндосперма сопровождается формированием и ускоренным развитием клеточной стенки.
565. тип развития эндосперма – промежуточный, т.е. между нуклеарным и целлюлярным типами формирования эндосперма, что сопровождается ускоренным развитием.
566. **Гелобиальный эндосперм – это**:
567. тип развития, связанный с ускоренным делением нижней части зародышевого мешка;
568. центральный между нормальным и промежуточным развитием эндосперма;
569. промежуточный между нуклеарным и целлюлярным типами формирования эндосперма;
570. промежуточный тип развития связанный с ускоренным формированием эндосперма.
571. **Нуклеарный тип развития эндосперма – это**:
572. развитие эндосперма из вторичного ядра зародышевого мешка путём многократных делений с последующим появлением клеточной перегородки;
573. развитие эндосперма из первичного ядра зародышевого мешка сопровождающееся появлением клеточной перегородки;
574. развитие эндосперма из зародышевого мешка с образованием клеточной перегородки при первом делении.
575. развития эндосперма из клеток халазы, нуцеллуса, интегументов с образованием клеточной перегородки при первом делении.
576. **Кутин – это**:
577. полисахарид, секретируемый аппаратом Гольджи и выполняющий защитную и опорную функции и надежно сохраняется долгое время на клеточной стенке;
578. протопласт клеток растений непроницаемый для воды и газов, выполняющий защитную и опорную функцию;
579. секретируемое протопластом клеток растений и непроницаемое для воды и газов. Выполняет защитную и опорную функции;
580. триглицерол, секретируемый эндоплазматическим ретикулом и выполняющий защитную и опорную функцию, что необходимо для растительной клетки.
581. **Сферосомы и их функции**:
582. тельца обладающие зернистой структурой, осуществляющие синтез и превращение липидных веществ в клетки;
583. тельца, обладающие гомогенной структурой, осуществляющие синтез и хранение углеводов;
584. тельца обладающие зернистой структурой, осуществляющие синтез целлюлозы в клетках растений;
585. тельца, имеющие гомогенное состояние, осуществляющие синтез целлюлозы в клетках растений.
586. **Суберин – это**:
587. жироподобное вещество, пропитывающее оболочки клеток, в результате чего происходит их опробковение;
588. липидное вещество, пропитывающее оболочки клеток, в результате чего происходит утолщение клеточной стенки;
589. жироподобное вещество, пропитывающее оболочки клеток, в результате стенки клеток становятся прочными;
590. жироподобное вещество, пропитывающее эпиблему, в результате чего эпидермис утолщается и сохраняет прочность.
591. **Амфидиплоидия наблюдается**:
592. гибрид, у которого произошло удвоение числа хромосом, так что в каждой клетке представлены полные диплоидные наборы хромосом обоих родителей;
593. гибрид, имеющий разобщенные наборы хромосом от родительских форм без удвоения;
594. гибрид, у которого наборы хромосом от родственных родительских форм;
595. гибрид, имеющий разные наборы хромосом от исходных родительских форм.
596. **Плазмолемма – это**:
597. мембранное образование на границе цитоплазмы и клеточной оболочки (полупроницаема);
598. только тонкая кожица на границе цитоплазмы (абсолютно проницаема);
599. мембранное образование на границе протопласта;
600. гладкая пленка на границе протопласта (проницаема для воды).
601. **Плацентация – это**:
602. конкретный способ расположения завязи на цветоножке;
603. определенный способ расположения семяпочек в цветке;
604. определенный способ расположение зерен пыльцы в цветоножке;
605. определенный способ расположения семязачатков на плодолистике.
606. **Цитология – это**:
607. отрасль науки, изучающая структуру, функцию и эволюцию клеток;
608. отрасль науки, изучающая строение нуклеиновых кислот и клеток;
609. отрасль науки, изучающая структуру органоидов клетки, строение нуклеиновых кислот и клеток;
610. отрасль науки, изучающая только состав органоидов клетки.
611. **Плазматическая мембрана – это**:
612. биослой, представленный микротрубочками;
613. внутренний слой цитоплазмы клетки представленный липидами;
614. наружный слой цитоплазмы клетки более плотной консистенции;
615. тонкий слой клеточной стенки, представленный липидами.
616. **Плазмодесма – это**:
617. тончайший сквозной каналец в клеточной оболочке (тяж цитоплазмы) из одной клетки в другую;
618. тончайший сквозной каналец (тяж цитоплазмы) обеспечивающий всасывающую функцию воды;
619. тончайший каналец в клеточной оболочке;
620. тончайший каналец (тяж цитоплазмы), связывающий клетки с окружающей средой.
621. **Цитокинез – это**:
622. деление ядра при митозе;
623. деление клетки в заключительной стадии – телофазе; в растительной клетке образуется клеточная перегородка, в живой – перетяжка, или борозда деления;
624. деление цитоплазмы и образование клеточной перегородки;
625. деление клетки при митозе и мейозе.
626. **Первое описание пластид было выполнено**:
627. в 1662г. Р. Гуком;
628. в 1676г. А. Левенгуком;
629. в 1610г. Г. Галилеем;
630. в 1838г. М. Шлейденом.
631. **Открытие мейоза произошло (год, исследователь**):
632. 1882г. Страсбургер, Флемминг;
633. 1898г. К. Гольджи;
634. 1884-1892г. Ван-Бенеден, А. Вейсман;
635. 1898г. С.Г. Навашин.
636. **Первое описание митохондрий было сделано**:
637. 1839г. Шванном;
638. 1898г. С.Г. Навашиным;
639. 1869г. Ф. Мишером;
640. 1908г. М. Мевесом.
641. **К вспомогательным принадлежностям микроскопа можно отнести**:
642. препаратоводитель, осветитель, бинокулярная насадка, рисовальный аппарат;
643. счётные камеры, мерные линейки, микрофотоустановки, трансформаторы, зеркальные насадки;
644. фотоматериалы, изопанхром, бачки, пробирки, фотопластинки;
645. конденсор, объектив, окуляр, фазовый контраст.
646. **К характеристике объективов относят параметры**:
647. только полезного увеличения и фокусирования, прозрачность стекол, оценку жидких средах, четкость;
648. разрешающей способности, фокусного и рабочего расстояния, увеличения, четкости;
649. отсутствие аберраций объектива, общее увеличение, четкость;
650. контрастность изображения, четкость, неперекрываемость, разрешающую способность.
651. **Политенные хромосомы – это**:
652. деконденсированные, и гомологичные хромосомы, находящиеся в состоянии соматической конъюгации;
653. конденсированный хроматин, и гомологичные хромосомы находятся в состоянии конъюгации;
654. деспирализованные хромосомы, находящиеся в состоянии конъюгации;
655. спирализованные хромосомы, находящиеся в бивалентах в состоянии соматической конъюгации.
656. **Для окрашивания препаратов используют красители**:
657. кармин, G-250 брилиантово-голубой, нигрозин, гематоксилин;
658. ацетокармин, ацетоорсеин, ацетолакмоид, метиленовая синяя;
659. G-250 брилиантово-голубой, нигрозин, темно-фиолетовый G-255;
660. только нигрозин G-250, G-255 и G-260.
661. **Для превращения давленных препаратов в постоянные применяют метод**:
662. с жидким азотом;
663. с бромистым серебром;
664. с этиловым спиртом;
665. с метиловым спиртом.
666. **Гистохимические реакции применяют только на объектах**:
667. живых;
668. фиксированных;
669. живых и фиксированных;
670. полуфиксированных.
671. **К органеллам клетки относятся**:
672. ядро и только митохондрии, пластиды комплекс Гольджи;
673. митохондрии, комплекс Гольджи, эндоплазматический ретикулум, рибосомы, лизосомы, микротрубочки, пластиды;
674. только вакуоли, пероксисомы, сферосомы, пластиды;
675. только микротельца, лизосомы и различные включения.
676. **Перисперм – это**:
677. запасная питательная ткань зрелого семени, используемая зародышем при прорастании;
678. запас питательных веществ, содержащий жир;
679. запасные питательные вещества, развивающиеся наряду с кожурой;
680. запасная ткань незрелых семян, содержащая только жир.
681. **Вещества вторичного происхождения – это**:
682. только пектин и целлюлоза, стероиды;
683. дубильные вещества, эфирные масла, алкалоиды;
684. суберин, кутин, целлюлоза, стеролы;
685. только терпены, сфингозолы, триглицеролы.
686. **Количественные цитохимические методы – это**:
687. цитофотометрия, авторадиография, цитофлуориметрия, цитоинтерферометрия, электронно-микроскопическая цитохимия;
688. только авторадиография и цитофотометрия;
689. только электронно-микроскопическая цитохимия и авторадиография;
690. только цитоинтерферометрия и цитофотометрия.
691. **Клетки растительных тканей тотипотенты – это**:
692. способность к дифференцировке и сохранению;
693. способность сохранять структуру;
694. способность восстанавливать целый организм со свойственным ему генотипом;
695. способность восстанавливать структуру.
696. **В поверхностный аппарат клетки входит**:
697. микротрубочки и микрофиламента;
698. клеточная стенка, плазмолема, периферический слой цитоплазмы с микротрубочками;
699. клеточная стенка, целлюлоза, глицеллюлоза, пектин;
700. фибриллы целлюлозы, плазмодесмы.
701. **Функции поверхностного аппарата**:
702. только защитная и связывающая;
703. буферная, барьерная, сигнальная;
704. барьерная, транспортная и рецепторная;
705. только регуляторная и рецепторная.
706. **Наружный слой цитоплазмы, примыкающий к плазматической мембране называют**:
707. гиалоплазма;
708. эктоплазма;
709. эндоплазма;
710. поверхностный аппарат клетки.
711. **Глиоксиомы обнаруживаются в клетках**:
712. прорастающих семян;
713. эндосперме;
714. перисперме;
715. ксениях.
716. **Специфические структуры – ломасомы находятся**:
717. между органоидами клетки;
718. между клеточной стенкой и плазмолемой;
719. между отдельными органеллами;
720. на поверхности клеточной стенки.
721. **Терминальная клетка делится поперечно**:
722. у гвоздичных;
723. только у пасленовых;
724. у гвоздичных, пасленовых, маревых;
725. только у маревых.
726. **Терминальная клетка делится в разных плоскостях и из базальной части формируется подвесок**:
727. у мятликовых;
728. только у астровых;
729. у гвоздичных; только у пасленовых;
730. у животных;
731. у птиц.
732. **Уровни компактизации хроматина**:
733. нуклеосомный, дисперсный, множественный, одинарный;
734. нуклеомерный, хромонемный, рассеивающий, линейный;
735. нуклеосомный, нуклеомерный, хромомерный, хромонемный;
736. фрагментарный, нуклеарный, полуконсервативный.
737. **Основные запасные вещества зерновки хлебных злаков**:
738. крахмал;
739. белок;
740. жир;
741. клетчатка.
742. **Типы полиэмбрионии**:
743. истинная, ложная;
744. истинная, симультантная;
745. ложная, промежуточная;
746. сукцессивная и ложная.

**Правильные ответы:**

1-а; 2-d; 3-a; 4-c; 5-d; 6-a; 7-a; 8-a; 9-c; 10- a; 11-a; 12-b; 13-a; 14-c; 15-a; 16-a; 17-a; 18-d; 19-b; 20-a; 21-a; 22-a; 23-a; 24-c; 25-c; 26-d; 27-b; 28-a; 29-a; 30-d; 31-c; 32-a; 33-c; 34-d; 35-d; 36-a; 37-a; 38-a; 39-c; 40-d; 41-b; 42-c; 43-a; 44-b; 45-b; 46-c; 47-c; 48-c; 49-c; 50-b; 51-d; 52-c; 53-c; 54-d; 55-c; 56-a; 57-a; 58-d; 59-a; 60-b; 61-b; 62-c; 63-a; 64-b; 65-a; 66-a; 67-d; 68-a; 69-a; 70-a; 71-a; 72-a;73-b; 74-b; 75-b; 76-a; 77-c; 78-b; 79-b; 80-a; 81-a; 82-b; 83-b 84-a; 85-a; 86-b; 87-a; 88-c; 89-d; 90-b; 91-a; 92-b; 93-a; 94-c; 95-c;96-c; 97-b; 98-a; 99-c; 100-d; 101-c; 102-c; 103-c; 104-c; 105-d; 106-b; 107-a; 108-c; 109-a; 110-d; 111-d; 112-a; 113-b; 114-a; 115-c; 116-a; 117-c; 118-a; 119-a;120-a; 121-a;122-d; 123-a; 124-c; 125-a; 126-b; 127-b; 128-c; 129-d; 130-a; 131-b; 132-a; 133-b; 134-a; 135-c; 136-b; 137-a; 138-b; 139-a; 140-c; 141-b; 142-c; 143-c; 144-a; 145-b; 145-c; 147-a; 148-c; 149-a; 150-a.

**7. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«ЦИТОЛОГИЯ» ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ**

1. История формирования представлений о клетке. Клеточная теория. Современное понятие о клетке.
2. Методы исследований на клеточном уровне.
3. Клеточная оболочка, образование, строение, состав, функции.
4. Эндоплазматическая сеть и рибосомы.
5. Аппарат Гольджи и лизосомы.
6. Ядро, структура, химический состав, функции.
7. Органоиды энергетического обмена: митохондрии, пластиды.
8. Система вакуолей (сферосомы, глиоксиомы) и др.
9. Биохимический состав и функции хромосом. Структурная организация хроматина.
10. Изменения хромосом в клеточном цикле.
11. Кариотип и идиограмма. Подходы к идентификации хромосом.
12. Политенные хромосомы и их основная характеристика.
13. Морфология метафазной хромосомы. Гетерохроматиновые и эухроматиновые участки хромосом.
14. Фазы митоза и их цитологическая характеристика. Цитокинез. Биологическое значение митоза.
15. Эндомитоз. Амитоз.
16. Суточные ритмы митоза. Митотическая активность и митотический индекс.
17. Хромосомный цикл и его периоды.
18. Различные формы нарушений нормального хода митоза.
19. Мейоз как основа полового размножения. Типы мейоза. Значение мейоза.
20. Характеристика фаз мейоза.
21. Мейоз у автополиплоидов и амфидиплоидов. Цитологический механизм возникновения полиплоидов.
22. Нарушение мейоза. Структурные изменения хромосом и результаты их проявления.
23. Жизнеспособность пыльцы и методы ее определения.
24. Микроспорогенез. Развитие пыльцевого зерна.
25. Мегаспорогенез. Развитие женского гаметофита (зародышевого мешка).
26. Типы зародышевых мешков и их отличительные признаки.
27. Общая характеристика развития пыльника.
28. Опыление и оплодотворение. Различные типы проникновения пыльцевых трубок.
29. Фазы оплодотворения у растений.
30. Зигота, типы образования зиготы.
31. Эндоспермогенез. Типы развития эндосперма на ранних этапах.
32. Особенности развития зародыша у однодольных и двудольных растений (типы).
33. Апомиксис и его типы. Значение этого способа для образования зародышей.
34. Семя, плод (понятия). Полиэмбриония и партенокарпия. Ксений. Перисперм. Гаустории.
35. Эмбриогенез. Характеристика основных этапов.
36. Основные узлы микроскопа.
37. Понятие о разрешающей способности и нумерической апертуре.
38. Виды микроскопов используемых для цитологических исследований. Вспомогательные принадлежности к микроскопам.
39. Особенности работы со световым микроскопом и его подготовка для проведения исследований.
40. Типы аберраций объектива. Группы оптики.
41. Выбор и подготовка материала и фиксации. Фиксаторы.
42. Окрашивание препарата. Красители.
43. Методы цитохимического анализа (цитофотометрия и авторадиография).
44. Методика приготовления временных препаратов. Перевод временных препаратов в постоянные.

Учебное издание

**Марина Николаевна Авраменко**

**Галина Ивановна Витко**

**Григорий Иванович Таранухо**

**Евгений Викторович Равков**

**Вера Ивановна Бушуева**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЦИТОЛОГИЯ»

Издано в авторской редакции

Подписано в печать

Формат 60×84 1/8. Бумага для множительных аппаратов.

Печать ризографическая. Гарнитура «Таймс».

Усл. печ. л. Уч.-изд. л.

Тираж экз. Заказ Цена

***Отпечатано с оригинал-макета в отделе издания учебно-методической литературы, ризографии и художественно-оформительской деятельности БГСХА***

2131410 Могилевская область, г. Горки, ул. Мичурина, 5.