

**ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ**

БУ ВО «СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СИТИ-ФЕРМЕРСТВО.
АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ПО РЕАЛИЗАЦИИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩЕЙ
ПРОГРАММЫ**

Сургут
Издательский центр СурГУ
2022

УДК 633/635(072)
ББК 41/42я73
С41

Сити-фермерство. Агробиотехнологии : методические рекомендации для преподавателей по реализации дополнительной общеразвивающей программы / сост.: Е. С. Сарапульцева, В. Н. Кравченко, Э. З. Буржумова ; Сургут. гос. ун-т. – Сургут : ИЦ СурГУ, 2022. – 69 с.
ISBN 978-5-89545-543-2

Методические рекомендации подготовлены на основании региональной сетевой дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы «Сити-фермерство. Агробиотехнологии» для подготовки школьников к участию в Национальной технологической олимпиаде по профилю «Инженерные биологические системы. Агробиотехнологии».

УДК 633/635(072)
ББК 41/42я73

ISBN 978-5-89545-543-2

© Сарапульцева Е. С., Кравченко В. Н.,
Буржумова Э. З., составление, 2022
© БУ ВО «Сургутский государственный
университет», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Цель, задачи и общие рекомендации по реализации программы «Сити-фермерство (Агробиотехнологии)».....	5
Содержание программы	6
Модуль I. Общая и частная биология	7
Раздел 1. Введение. Общая биология.....	7
Тема 1. Методы исследования в биологии: наблюдение невооруженным глазом или с использованием оптических и иных приборов	7
Тема 2. Молекулярно-генетический и клеточный уровни организации живой материи.....	9
Тема 3. Организменный уровень организации жизни. Популяционно-видовой уровень организации.....	12
Тема 4. Экосистемный (биогеоценотический и биосферный) уровни организации жизни.....	14
Раздел 2. Цитология и гистология.....	17
Тема 1. Современные научные представления в области клеточной биологии ...	17
Тема 2. Ткани организмов как объекты современных научных исследований	21
Раздел 3. Многообразие организмов.....	30
Тема 1. Ботаника низших растений и микология	30
Тема 2. Ботаника семенных и цветковых растений.....	34
Тема 3. Зоология беспозвоночных	36
Тема 4. Зоология позвоночных	44
Модуль II. Агробиотехнологии и ситифермерство	46
Раздел 1. Гидропонный метод выращивания растений.....	46
Тема 1. Типы гидропонных систем.....	46
Тема 2. Субстраты, используемые в гидропонных системах	49
Тема 3. Питательные растворы, используемые в гидропонном хозяйстве.....	51
Тема 4. Значение света для растений в гидропонных системах.....	52
Раздел 2. Технология выращивания растений в закрытых системах	53
Тема 1. Организация помещения, оборудование и материалы, необходимые для выращивания растений методом гидропоники	53
Тема 2. Оценка качества семян	54
Тема 3. Методика посева на субстрат	56
Раздел 3. Болезни и вредители растений	58
Тема 1. Неинфекционные болезни.....	58
Тема 2. Инфекционные болезни.....	59
Раздел 4. Микрозелень.....	60
Раздел 5. Клональное микроразмножение растений	61
Тема 1. Организация биотехнологической лаборатории	61
Тема 2. Подавление апикального доминирования и развитие пазушных почек..	61
Тема 3. Питательные среды для культивирования меристем растений в условиях in vitro.....	62
Рекомендуемая литература.....	65

ВВЕДЕНИЕ

Национальная технологическая олимпиада (далее – НТО) – это всероссийские технологические игры по широкому спектру направлений, от искусственного интеллекта до геномного редактирования, космических технологий, разработки компьютерных игр. НТО реализуется в рамках распоряжения Правительства РФ № 605-р от 13 марта 2021 г. об утверждении федерального плана мероприятий, посвященных Году науки и технологий.

Данные методические рекомендации предназначены для использования при подготовке школьников к Национальной технологической олимпиаде Кружкового движения НТИ. Школьники, успешно освоившие данный курс, смогут поступать в высшие учебные заведения на специальности «Биология», «Химия», «Биотехнология» и другие и затем продуктивно работать в качестве научных сотрудников в научных и диагностических лабораториях, а также инженеров на биотехнологическом производстве.

Курс направлен на получение углубленных теоретических знаний, выходящих за рамки школьного курса биологии и химии, освоение современных методов, получение навыков проектной деятельности, в том числе работы в командах, что делает его особенно актуальным. Основной задачей данного курса является формирование у обучающихся естественно-научного мировоззрения, освоение в теории и на практике актуальных методов молекулярной биологии, биотехнологии. Знания и навыки, полученные при изучении данного курса, помогут учащимся в дальнейшем обучении в высшей школе или организациях среднего профессионального образования. Знакомство с современными методами молекулярной биологии, биотехнологии, биомедицины увеличит мотивацию абитуриентов к поступлению на соответствующие отделения вузов. Задачи, поставленные в данном курсе, могут быть успешно решены ввиду оптимальной формы проведения курса, который организован в виде лекций, практических и самостоятельных занятий.

Методические рекомендации составлены в соответствии с основными разделами дополнительной общеразвивающей программы «Сити-фермерство. Агробиотехнологии», разработанной на базе Регионального модельного центра дополнительного образования детей Сургутского государственного университета.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ «СИТИ-ФЕРМЕРСТВО. АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ»

Целью реализации программы является формирование теоретических знаний в области биологии, агробиотехнологии и инженерных биологических систем живых объектов, формирование инженерно-биологического мышления школьников в условиях постановки исследовательской деятельности.

Для достижения главной цели – успешного участия в Национальной технологической олимпиаде, педагогам следует обратить внимание на **задачи обучения:**

- сформировать познавательные интересы и мотивы, направленные на изучение живой природы;
- познакомить с понятием агробиотехнология, определить возможности каждого метода гидропоники;
- освоение знаний в области биологии и способности к их применению на практике;
- знание принципов сравнительной биологии представителей различных таксонов (от царства до отряда);
- понимание соотношения между процессами на разных уровнях организации живой материи (представления о процессах и механизмах в биологии);
- умение самостоятельно ставить исследовательские задачи, выбирать научные способы их решения, организовывать сбор, обработку и представление полученной информации;
- развить у обучающихся умения взаимодействовать в команде исследователей;
- сформировать навыки работы с лабораторным оборудованием.

Планируемые результаты обучения:

1. Личностные:

- мотивация к обучению, готовность и способность к саморазвитию и самообразованию на основе мотивации к обучению и познанию;
- самостоятельный выбор цели своего развития, пути достижения целей, постановку для себя новых задач в познании;
- освоение межпредметной коммуникации (постановка задачи для представителей других областей знания в реализации комплексных проектных замыслов).

2. Метапредметные:

- умение соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата, определять способы действий в рамках предложенных условий и требований, корректировать свои действия в соответствии с изменяющейся ситуацией;
- умение практически применять полученные знания в ходе учебной и проектной деятельности.

3. Предметные:

- умение представлять биологическую информацию в виде текста, таблицы, графика, диаграммы и делать выводы на основании представленных данных;
- раскрывать на примерах роль биологии в формировании современной научной картины мира и в практической деятельности людей;
- проводить наблюдения за живыми объектами, собственным организмом; описывать биологические объекты, процессы и явления; ставить несложные биологические эксперименты и интерпретировать их результаты;
- распознавать клетки (прокариот и эукариот, растений и животных) по описанию, на схематических изображениях;
- устанавливать связь строения и функций компонентов клетки, обосновывать многообразие клеток;

- выявлять морфологические, физиологические, поведенческие адаптации организмов к среде обитания и действию экологических факторов;
- знать современные методы и технологии научно-исследовательской и проектной деятельности в области сити-фермерства;
- знать методы посадки семян, ухода за растениями в период вегетации, приготовления аквагрунта и питательного раствора заданной концентрации;
- уметь определять качество посевного материала и готовой растениеводческой продукции;
- составлять календарно-тематические планы выращивания растений в закрытых системах, с учетом их биологических особенностей;
- уметь визуально диагностировать состояние культурных растений с целью оперативного выявления повреждения растений вредителями и болезнями, дефицита элементов минерального питания;
- раскрывать на примерах роль биологии в формировании современной научной картины мира и в практической деятельности людей.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

В целом подготовка по программе включает в себя 2 модуля. Модуль 1 содержит в себе необходимые теоретические темы для освоения данной программы, а также задачи, соответствующие заданиям первого (отборочного) этапа НТО. Освоив данный модуль, школьники получат необходимые базовые знания в области биологии. С данными навыками смогут принимать участие в профиле «Инженерные биологические системы. Агробиотехнологии» олимпиады кружкового движения НТИ и решать задачи предметных отборочных этапов. Также эти знания помогут принимать участие в различных олимпиадах от городского до всероссийского уровня. Модуль 2 направлен на освоение ключевых знаний по биотехнологиям и получение практических навыков работы с гидропонными установками. С данными навыками учащиеся смогут решать задачи второго отборочного этапа и решения финальной командной задачи.

МОДУЛЬ I. ОБЩАЯ И ЧАСТНАЯ БИОЛОГИЯ

Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ. ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Общая биология представляет собой интегрирующую науку. Она объединяет все биологические науки на теоретическом и практическом уровнях. Общая биология изучает закономерности жизни на всех уровнях ее организации, механизмы биологических процессов и явлений, пути развития органического мира и его рациональное использование. Общая биология также играет объединяющую роль в системе знаний о живой природе, поскольку в ней систематизируются ранее изученные факты, совокупность которых позволяет выявить основные закономерности органического мира. Целью общей биологии является осуществление разумного использования, охрана и воспроизведение природы.

Тема 1. Методы исследования в биологии: наблюдение невооруженным глазом или с использованием оптических и иных приборов

Для изучения любых организмов или процессов, происходящих в них, необходимо разработать план исследования, в ходе выполнения которого могут быть использованы следующие методы изучения живых объектов:

1. Наблюдение – описание того или иного биологического объекта или процесса. Это непосредственное, целенаправленное изучение предметов, опирающееся на чувственные способности человека (ощущение, восприятие, представление).

2. Эмпирическое описание – это фиксация средствами естественного или искусственного языка сведений об объектах наблюдения. С помощью описания чувственная информация переводится на язык понятий, знаков, схем и цифр, рисунков, графиков, принимая тем самым форму, удобную для дальнейшей рациональной обработки (систематизации, классификации и обобщения). Описание можно рассматривать как завершающий этап наблюдения. На этой стадии исследования не ставится еще задача глубокого проникновения в сущность явления, раскрытия его внутренней природы. Исследователь стремится как можно подробнее зафиксировать преимущественно внешние стороны изучаемого объекта.

3. Сравнение необходимо для того, чтобы найти закономерности – то, что является общим для разных явлений.

4. Моделирование – это метод, который подразумевает работу с объектами путем представления их в моделях. То, что нельзя анализировать и изучать посредством эксперимента, то можно узнать путем моделирования.

5. Эксперимент – создаются условия, в точности, соответствующие наблюдаемому, при этом выясняются свойства биологических объектов; фиксируются качественные и количественные характеристики.

6. Статистические методы (математические методы) – используются для того, чтобы обработать данные числового характера, которые были получены в ходе эксперимента. Кроме этого, данный метод применяется для того, чтобы убедиться в достоверности определенных данных.

7. Исторический метод – изучение и использование информации, сведений, данных, уже полученных и доказанных в прошлом, которые раскрывают и объясняют законы развития живой природы в настоящем.

Существует следующая классификация методов изучения, которыми пользуется биология:

1. Палеонтологический метод, или морфологический метод изучения. Данный метод основан на том, что глубокое внутреннее сходство организмов может показать родство сравниваемых форм (гомология, аналогия органов, рудиментарные органы и атавизмы).

2. Сравнительно-эмбриологический метод изучения. Этот метод заключается в выявлении зародышевого сходства.

3. Комплексный метод изучения представляет собой метод тройного параллелизма.

4. Биогеографический метод изучения позволяет проанализировать общий ход эволюционного процесса в самых разных масштабах (сравнение флор и фаун, особенности распространения близких форм, изучение реликтовых форм).

5. Популяционный метод изучения характеризуется способностью улавливать направления естественного отбора по изменению распределения значений признака в популяциях на разных стадиях ее существования или при сравнении разных популяций.

6. Иммунологический метод исследования позволяет с большой степенью точности выявить «кровное родство» разных групп.

7. Генетический метод изучения заключается в определении генетической совместимости сравниваемых форм и степени их родства.

8. Паразитологический метод изучения. Доказано, что эволюция паразитов и хозяев протекает сопряженно, а в некоторых группах паразиты оказываются специфическими для видов, родов и семейств. Поэтому по присутствию определенных паразитов порой можно с большой точностью судить о филогенетических связях видов – хозяев этих паразитов.

Правила работы с микроскопом:

1. Выставьте наименьшее из возможных увеличений.

2. Глядя в окуляр, поставьте зеркало в такое положение, чтобы круглое поле зрения было освещено равномерно (у микроскопов со встроенным осветителем освещение обычно выставляется автоматически).

3. Положите препарат и закрепите его пружинными клеммами таким образом, чтобы исследуемый объект помещался над отверстием в столике микроскопа, через которое направлен свет.

4. Поворотом винта грубой настройки подведите объектив почти вплотную к покровному стеклу препарата.

5. Одним глазом (как правило, левым) смотрите в окуляр (другой глаз следует всегда оставлять открытым, что позволит сделать зарисовки видимой в микроскопе картины).

6. Вращением винта грубой настройки очень медленно поднимайте тубус вверх, пока не станет более или менее четко видно изображение. (Если этого не произойдет, снова опустите его почти до уровня покровного стекла над препаратом и повторите фокусировку).

7. Установите с помощью точной настройки четкое изображение.

8. Двигая предметное стекло по столику микроскопа, просмотрите весь объект до тех пор, пока в центре поля зрения не окажется искомое место препарата.

9. Установите следующее, большее увеличение путем замены объектива, подрегулируйте винтом точной настройки четкость изображения.

10. После окончания работы переведите микроскоп на малое увеличение, и только после этого можно снять микропрепарат с предметного столика. Категорически запрещается снимать микропрепарат из-под объектива большого увеличения, так как можно повредить фронтальную линзу!

11. Оставить микроскоп после работы абсолютно чистым и сухим, закрыть колпаком для защиты от пыли.

Связь общей биологии с естественными и другими науками. Современная общая биология связана в различных аспектах с другими науками, такими как медицина, ветеринария, экология, сельскохозяйственные и лесоводческие науки, биотехнология, охрана окружающей среды, а также с физикой, химией, математикой и информатикой. Существует такие прикладные области использования знаний общей биологии, как биотехнология, генная и клеточная инженерия.

Биотехнология представляет собой прикладную отрасль, в которой происходит производственное использование биологических агентов (микроорганизмы, растительные клетки, животные клетки, части клеток – клеточные мембраны, рибосомы, митохондрии, хлоропласты) для получения ценных продуктов и осуществления целевых превращений. В биотехнологических процессах также используются такие биологические макромолекулы, как рибонуклеиновые кислоты (ДНК, РНК) и белки – чаще всего ферменты. ДНК или РНК необходима для переноса чужеродных генов в клетки. Основной задачей современной биотехнологии является создание новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов, имеющих хозяйственно ценные признаки, стабильно передающиеся по наследству.

Генная инженерия заключается в использовании совокупности приемов, методов и технологий получения рекомбинантных РНК и ДНК, выделения генов из организма (клеток), осуществления манипуляций с генами и введения их в другие организмы. Генная инженерия не является наукой в широком смысле, но является инструментом биотехнологии, используя методы таких биологических наук, как молекулярная и клеточная биология, цитология, генетика, микробиология, вирусология.

Клеточная инженерия представляет собой прикладную отрасль науки, благодаря которой осуществляется конструирование клеток нового типа. С использованием клеточной инженерии из отдельных клеток получают целые, нормально развитые организмы с применением методов клеточной селекции и соматической гибридизации. Например, с помощью метода клеточной селекции можно выделить лишь одну клетку, размножить ее и прорастить в питательной среде, в результате чего можно получить большое количество растений.

Рекомендуемые разделы для дополнительного изучения: Химический состав клетки. Белки, углеводы и жиры в составе живых клеток, строение и функции.

Тема 2. Молекулярно-генетический и клеточный уровни организации живой материи

Понятие о жизни. Одно из определений понятия «жизнь» более 100 лет назад дал Ф. Энгельс (1898 г.). Согласно его определению, «жизнь есть способ существования белковых тел, при этом непременным условием жизни является постоянный обмен веществ, с прекращением которого прекращается и жизнь».

В то же время, согласно определению понятия «жизнь» по М. В. Волькенштейну (1965), **ВСЕ ВЫДЕЛЕННЫЕ ЖЕЛТЫМ ИСТОЧНИКИ В ТЕКСТЕ НЕОБХОДИМО ДОБАВИТЬ В СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ** «жизнь – это живые тела, существующие на Земле, которые представляют собой открытые саморегулирующие и самовоспроизводящие системы, построенные из биополимеров – белков и нуклеиновых кислот».

По современным представлениям, жизнь – это способ существования открытых коллоидных систем, обладающих свойствами саморегуляции, воспроизведения и развития на основе геохимического взаимодействия белков, нуклеиновых кислот других соединений вследствие преобразования веществ и энергии из внешней среды.

Жизнь возникает и протекает в виде высокоорганизованных целостных биологических систем. Биосистемами являются организмы, их структурные единицы (клетки, молекулы), виды, популяции, биогеоценозы и биосфера.

Свойства и признаки живых систем:

1. Упорядоченность. Все биосистемы характеризуются высокой упорядоченностью, которая может поддерживаться только благодаря протекающим в них процессам.

2. Клеточное строение. Все живые организмы имеют клеточное строение, за исключением вирусов.

3. Метаболизм. Все живые организмы способны к обмену веществ с окружающей средой, поглощая из нее вещества, необходимые для питания и дыхания, и выделяя продукты жизнедеятельности.

4. Репродукция, или самовоспроизведение. Этот процесс определяет способность живых систем воспроизводить себе подобных.

5. Наследственность. Данное свойство заключается в способности организмов передавать свои признаки, свойства и особенности развития из поколения в поколение.

6. Изменчивость. Это способность организмов приобретать новые признаки и свойства за счет изменения биологических матриц – молекул ДНК.

7. Рост и развитие. Рост – процесс, в результате которого происходит изменение размеров организма (за счет роста и деления клеток). Развитие – процесс, в результате которого происходит качественное изменение организма.

8. Приспособленность. Это соответствие между особенностями биосистем и свойствами среды, с которой они взаимодействуют.

9. Раздражимость. Способность живых организмов избирательно реагировать на внешние или внутренние воздействия. Реакция многоклеточных животных на раздражение осуществляется через посредство нервной системы и называется рефлексом.

10. Дискретность. Отдельный организм или иная биологическая система (вид, биоценоз др.) состоит из отдельных изолированных, т. е. обособленных или отграниченных в пространстве, но, тем не менее, связанных и взаимодействующих между собой частей, образующих структурно-функциональное единство.

11. Автoreгуляция. Это способность живых организмов, обитающих в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды, поддерживать постоянство своего химического состава и интенсивность течения физиологических процессов – гомеостаз.

12. Ритмичность. В биологии под ритмичностью понимают периодические изменения интенсивности физиологических функций и формообразовательных процессов с различными периодами колебаний (от нескольких секунд до года и столетия).

13. Энергозависимость. Живые тела представляют собой «открытые» для поступления энергии системы. Под «открытыми» системами понимают динамические, т. е. не находящиеся в состоянии покоя системы, устойчивые лишь при условии непрерывного доступа к ним энергии и материи извне.

14. Целостность. Вся живая материя определенным образом организована, подчинена ряду специфических законов, характерных для нее.

Структурно-иерархический принцип организации живых систем. Система – множество однородных или разнородных отдельных частей, находящихся в более прочных, чем с окружающей средой, отношениях и связях друг с другом, и поэтому образующих некую целостность. Согласно определению автора учения о функциональных системах П. К. Анохина, «системой можно назвать только такой комплекс избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействие приобретает характер взаимодействия компонентов на получение фокусированного полезного результата». Природные системы чаще всего организованы по иерархическому принципу построения. По определению Дж. Николиса (1989), «иерархическая система представляет собой ансамбль взаимодействующих частей, который состоит из последовательно вложенных одна в другую взаимодействующих субъединиц».

Иерархия природных систем – соподчинение функциональных и структурных систем Вселенной, при котором меньшие подсистемы составляют большие системы, сами являющиеся подсистемами более крупных систем. Любая природная система составлена естественными структурами и образованиями (подсистемами), группирующимися в функциональные компоненты на высших уровнях иерархической организации.

Уровни организации живых систем:

1. Молекулярный уровень. Любая живая система, как бы сложно она ни была организована, состоит из биологических макромолекул: нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов, а также других важных органических веществ.

2. Клеточный уровень. Клетка – структурная и функциональная единица, а также единица развития всех живых организмов, обитающих на Земле. На клеточном уровне сопрягаются передача информации и превращение веществ и энергии.

3. Организменный уровень. Элементарной единицей организменного уровня служит особь, которая рассматривается в развитии – от момента зарождения до прекращения существования – как живая система. На этом уровне возникают системы органов, специализированных для выполнения различных функций.

4. Популяционно-видовой уровень. Совокупность организмов одного и того же вида, объединенная общим местом обитания, в которой создается популяция – надорганизменная система. В этой системе осуществляются элементарные эволюционные преобразования – процесс микроэволюции.

5. Биогеоценотический уровень. Биогеоценоз – совокупность организмов разных видов и различной сложности организации с факторами среды их обитания.

6. Биосферный уровень. Биосфера – совокупность всех биогеоценозов, система, охватывающая все явления жизни на нашей планете.

Молекулярно-генетический уровень. Молекулярно-генетический уровень живой материи представлен многочисленными молекулами: ДНК, РНК, АТФ, белками, углеводами, липидами и т. д. Все эти сложные соединения имеют способность создавать крупные молекулярные комплексы, которые вместе выполняют определенные функции специфического характера.

Молекулярные комплексы Основными процессами молекулярно-генетического уровня жизни являются следующие:

- самовоспроизведение генетической информации, а также ее трансляция и транскрипция;
- фотосинтез и биосинтез;
- управление скоростью протекания реакций при помощи ферментов;
- обеспечение энергией процессов жизнедеятельности.

Для молекулярно-генетического уровня жизни характерна сбалансированность и упорядоченность всех реакций метаболизма, саморегуляция, а также сложность молекулярного состава, многочисленность ферментов. Все вышеперечисленное управляется генетической информацией, гены определяют программу, а процессы осуществляются ферментами, которые выступают в роли основных регуляторов при реализации генетической информации. Они обеспечивают скорость протекания процессов, их последовательность и экономичность. Все химические вещества, которые синтезируются в клетке, формируются в результате нескольких последовательных реакций.

Значение молекулярно-генетического уровня жизни. На данном уровне происходит важнейший жизненный процесс превращения солнечной энергии в химическую. Также на этом уровне жизни осуществляется процесс включения химических элементов Земли в различные соединения, которые принимают участие в обменных процессах живых организмов. Основная роль молекулярно-генетического уровня жизни заключается в следующем: 1) преобразование солнечной энергии; 2) создание живого вещества; 3) кодирование информации; 4) обеспечение генетической наследственности и устойчивости молекулярных структур; 5) упорядочивание физико-химических процессов.

Клеточный уровень. Клеточный уровень организации живого является предметом изучения отдельной биологической науки – цитологии. Она исследует строение и функционирование клеток, закономерности их специализации в ходе развития организмов, механизмы деления клеток, особенности протекающих в них химических процессов.

Клеточная теория, зародившаяся в XIX столетии, является одной из важнейших основ биологии. Она обобщает данные по строению клеток, их функционированию и размножению. В настоящее время основные положения клеточной теории выглядят следующим образом.

1. Клетка – это основная структурная и функциональная единица живого. Ей присущи все характерные черты живой системы. Она питается, растет, движется, размножается, реагирует на внешние и внутренние сигналы, взаимодействует с другими клетками.

2. Все живые организмы состоят из одной или многих клеток. Клетки разных организмов имеют общий план строения.

3. Все биохимические процессы, связанные с получением и использованием вещества и энергии, происходят внутри клетки.

4. В клетке хранится и реализуется информация о строении и функциях как отдельной клетки, так и целого организма.

5. Новые клетки образуются только в результате деления материнской клетки. При этом происходит передача наследственной информации от материнской клетки дочерним клеткам.

Рекомендуемые разделы для дополнительного изучения: Строение клеток живых организмов. Основы генетики животных и растений, строение ДНК, РНК. Синтез белка в клетке. Генетический код. Генетическое разнообразие в популяциях.

Тема 3. Организменный уровень организации жизни. Популяционно-видовой уровень организации

Организменный уровень жизни на Земле представлен многочисленным разнообразием форм организмов. Среди них – бактерии, грибы, разнообразные водоросли, высшие растения, животные, человек. Даже вирусы считаются организмами, но относятся к неклеточным формам жизни. Как любой структурный уровень организации жизни, организменный уровень характеризуется своими особыми свойствами.

Организму присущи такие процессы жизнедеятельности, как обмен веществ, питание, дыхание, выделение, раздражимость, размножение, поведение, определенный образ жизни, приспособленность к среде обитания. Все вместе эти процессы в их взаимосвязи и взаимодействии характеризуют организм как целостную саморегулирующуюся биосистему особого структурного уровня жизни – организменного. Только для этого уровня биосистем характерны названные процессы.

Вид – это группа морфологически сходных организмов, имеющих общее происхождение и потенциально способных к скрещиванию между собой в естественных условиях. Особи, из которых складывается данный вид, не всегда живут в непосредственном соседстве друг с другом. Обычно они образуют более или менее изолированные группы, называемые популяциями. Популяция – сообщество скрещивающихся между собой организмов одного вида.

Понятие и термин «популяция» ввел в 1903 г. датский ученый Йогансен. Популяции являются первым надорганизменным уровнем организации живой материи.

Функциями популяций как биологических систем являются:

- устойчивое воспроизводство видов во времени;
- их приспособление к окружающей среде.

Популяция является элементарной единицей эволюции – благодаря генетической гетерогенности составляющих ее особей в ней происходят направленные изменения частот встречаемости разных вариантов аллелей и генотипов в направлении наилучшей приспособленности к окружающей среде.

Для устойчивого существования в среде обитания популяции имеют регулирующие механизмы, поддерживающие их численность и плотность на оптимальном уровне.

Экология популяций является важнейшим разделом экологии, которая, по мнению Ю. Одум, в конечном счете, призвана ответить на вопрос: сколько организмов населяет данную местность, где и когда их можно встретить и почему.

Поскольку популяции являются совокупностями особей, то они имеют много качественных и количественных характеристик, которых нет у отдельных особей.

Важнейшими экологическими характеристиками популяций являются:

1. Численность.
2. Рождаемость, смертность.
3. Плотность (количество особей на единицу поверхности или объема).
4. Динамика численности (ее увеличение или уменьшение).
5. Скорость роста популяции, тип ее роста.
6. Структура популяции:
 - пространственная – распределение особей в пространстве;

- возрастная – соотношение особей по возрастам;
- половая – соотношение особей по полу;
- другие.

Особи, составляющие одну популяцию, обладают не только признаками, общими для данного вида, но и уникальными, характерными только для данной популяции. Эти уникальные признаки выработались как приспособительные реакции (адаптации) к конкретным условиям среды, в которых обитает популяция и, с течением времени, закрепились в ее генофонде.

Таким образом, популяционная структура вида является результатом приспособления составляющих его организмов к разнообразным условиям среды, в которых они обитают.

Важнейшим параметром характеристики популяций является **выживаемость** особей – их число (в пересчете на одну тысячу), достигших определенного возраста.

Выживаемость особей описывают кривыми выживания). Для разных видов, в одних и тех же условиях, эти кривые имеют разную форму, поскольку все виды имеют специфическую зависимость уровня смертности от возраста.

Отмечено, что тип кривой выживания напрямую зависит от степени родительской заботы о потомстве и его защищенности.

Различают три типа кривых выживания (рис. 1.):

I тип – выпуклая кривая, долгое время почти не снижается, а затем резко падает вниз.

Такой тип кривой выживания наблюдается у видов с малым влиянием на смертность факторов среды: крупных позвоночных с малым числом врагов, насекомых с короткими сроками жизни и других, смерть которых происходит, в основном, из-за физиологических причин, старости.

В природных условиях этот тип кривой выживания встречается редко, чаще он наблюдается при содержании животных в неволе, когда у них нет врагов. Данный тип кривой выживания характерен для населения развитых стран, где имеются высокий уровень жизни и медицинской помощи.

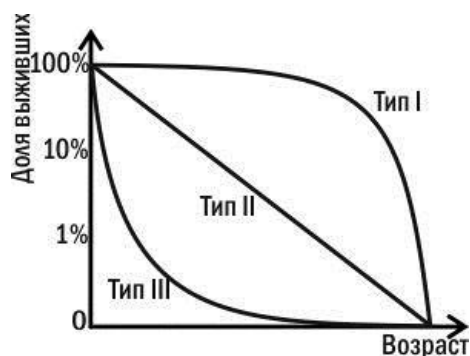


Рис. 1. Кривые выживаемости

II тип – почти прямая (диагональ), отражает равномерную смертность во всех возрастах. Она характерна для видов, производящих относительно защищенное, самостоятельное потомство: многих млекопитающих, птиц, рептилий.

III тип – вогнутая кривая встречается чаще всего, так как высокая смертность в ранних возрастах характерна для большинства видов в природе: растений, беспозвоночных, рыб, земноводных. Данный тип кривой выживания населения характерен для слаборазвитых стран, где из-за низкого уровня жизни и медицинской помощи имеется высокая детская смертность.

Необходимо отметить, что именно снижение детской смертности, достигнутое повышением уровня медицинской помощи, явилось причиной взрывообразного увеличения численности населения Земли в XX веке.

Возрастная структура популяции отражает имеющееся в ней соотношение особей разных возрастов. Для каждого вида и каждой популяции характерны специфические соотношения между разными возрастными группами.

Возрастная структура популяций является одной из важнейших их характеристик, она позволяет, с учетом сроков развития особей данного вида, прогнозировать динамику численности данной популяции на определенный период времени.

В зависимости от способности к размножению, все имеющиеся в популяции возраста делят на три группы:

- дорепродуктивные – неполовозрелые;
- репродуктивные – размножающиеся;
- пострепродуктивные – утратившие способность к размножению.

Доля особей репродуктивных возрастов определяет интенсивность размножения популяции в настоящее время, а процент неполовозрелых возрастов – ее потенциальную способность к размножению в будущем.

Потенциальная способность популяции к размножению в будущем называют ее демографическим потенциалом. Высокий демографический потенциал имеют популяции, имеющие значительную долю особей младших возрастов.

Данные о возрастном составе популяций представляют в виде возрастных пирамид. Процент особей определенных возрастов обозначают в них шириной полос. При этом возможно распределение их по полу.

Различают три основных формы половозрастных пирамид.

а) в растущих популяциях, с большой долей особей младших возрастов, пирамиды имеют классический вид – широкое основание и узкую вершину;

б) в популяциях, где рождаемость уравновешена смертностью, соотношение всех возрастных групп относительно равномерно (такие популяции называют стабильными);

в) популяции с уменьшающейся численностью и высоким процентом особей старших возрастов называют стареющими, возрастные пирамиды в них имеют перевернутый вид – узкое основание и широкую вершину.

В 1925 году американский математик А. Лотка доказал теоретически, что все стабильные популяции характеризуются определенной, относительно стабильной возрастной структурой и что, если из-за каких-то временных причин (например, оттока или притока особей) данная структура изменится, то при прекращении действия этих причин, она вновь будет стремиться к возвращению в прежнее стабильное состояние.

Определение возрастной структуры популяций имеет важнейшее практическое значение:

- позволяет прогнозировать их численность;
- позволяет рассчитывать возможные последствия влияния на среду;
- планировать безопасные для популяций нормы изъятия при охоте, рыболовстве и других целях.

Рекомендуемые разделы для дополнительного изучения: Наследственность и изменчивость в популяции. Эволюционные процессы в биологических системах. Факторы эволюции и видообразования. Виды отбора в популяции. Адаптационные процессы в популяциях. Численность популяции, внешние и внутренние факторы регуляции.

Тема 4. Экосистемный (биогеоценотический и биосферный) уровни организации жизни

Экологическая система – это совокупность совместно обитающих разных видов организмов, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом, и условия их существования. Примеры: озеро, роща, луг и т. д. Лес – географически организованная саморегулируемая совокупность животных и растительных организмов. В лесу ведущую средообразующую роль играет популяция древесных растений одного вида или совместно обитающие популяции нескольких видов.

Экосистема – это безразмерное устойчивое образование из живых и неживых компонентов, принимающих участие во внутреннем и внешнем круговороте вещества и энергии.

Экологическая система – это капля воды с ее микробами, комнатное растение, отдельное дерево, лист дерева, космический обитаемый корабль. Экологической системой является и биосфера Земли.

Структурной единицей биосферы является биогеоценоз («био» – жизнь, «гео» – земля, «ценоз» – сообщество). Биогеоценоз – сложная природная система, объединяющаяся на основе обмена веществом и энергией совокупность живых организмов с неживыми компонентами окружающей среды. Биогеоценоз включает две составляющие (рис. 2):

- совокупность на определенной территории абиотических факторов, т. е. экотоп (топос – место);
- совокупность живых организмов – биоценоз.

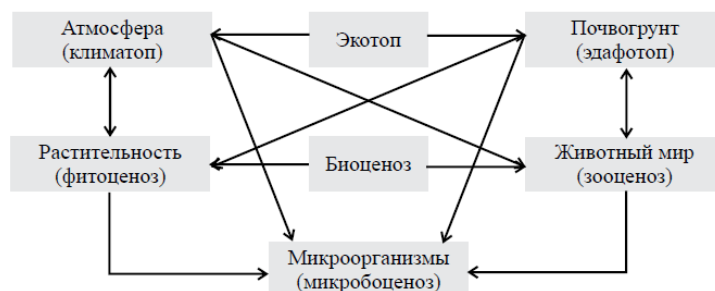


Рис. 2. Структура биогеоценоза

Стрелки означают каналы передачи информации между различными компонентами биоценоза. Все организмы тесно связаны между собой, особенно важна роль микроорганизмов, в первую очередь – бактерий. Они участвуют в процессах почвообразования, вызывают разложение органических растительных и животных остатков, нередко выступают в качестве возбудителей заболеваний.

На уровне биогеоценоза протекают все процессы круговорота вещества и обмена энергии в биосфере (рис. 3). Человек своей деятельностью способен прямо или косвенно прерывать эти каналы и потоки энергии и информации. Антропогенная деятельность всегда направлена на биогеоценозы. Промышленное предприятие выбрасывает отходы не в окружающую среду, а в конкретные биогеоценозы. Человек всегда взаимодействует со сложно организованной структурой, развивающейся по своим законам, – биогеоценозом.

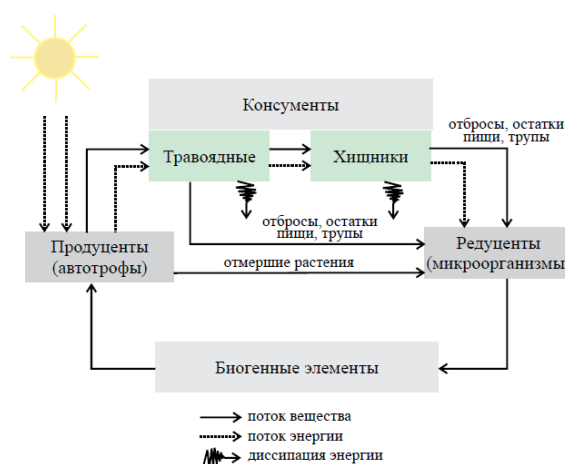


Рис. 3. Круговорот вещества и передача энергии в биогеоценозе

Круговорот азота Организмы нуждаются в различных химических формах азота для образования белков и генетически важных нуклеиновых кислот типа ДНК. Большинству зеле-

ных растений требуется азот в форме нитрат-ионов (NO_3^-) и ионов аммония (NH_4^+). Газообразный азот (N_2), составляющий 78 % объема земной атмосферы, ни растениями, ни людьми, ни большинством других организмов не может быть использован непосредственно. Газообразный азот может преобразовываться в растворимые в воде 58 соединения, содержащие нитрат-ионы и ионы аммония, усваиваемые корнями растений в процессе круговорота азота (рис. 4).



Рис. 4. Круговорот азота

Круговорот фосфора Фосфор в виде фосфат-ионов (PO_4^{3-} и HPO_4^{2-}) является важным питательным элементом как для растений, так и для животных. Он входит в состав молекул ДНК, несущих генетическую информацию; молекул АТФ и АДФ, в которых запасается необходимая для организмов химическая энергия, используемая при клеточном дыхании; молекул жиров, образующих клеточные мембраны в растительных и животных клетках; а также веществ, входящих в состав костей и зубов животных (рис. 5).



Рис. 5. Круговорот фосфора

В этом круговороте фосфор медленно перемещается из фосфатных месторождений на суше и мелководных океанических осадков к живым организмам и затем обратно. Фосфор, высвобождаемый при медленном разрушении (или выветривании) фосфатных руд, растворяется почвенной влагой и поглощается корнями растений. Тем не менее, в большинстве почв содержатся очень незначительные количества фосфора, так как фосфатные соединения очень плохо растворяются в воде и встречаются лишь в 60 определенных типах горных пород.

Таким образом, во многих почвах и водных экосистемах содержание фосфора является лимитирующим фактором роста растений. Животные получают необходимый им фосфор, поедая растения или других растительноядных животных. Значительная часть этого фосфора

в виде экскрементов животных и продуктов разложения мертвых животных и растений возвращается в почву, в реки и на дно океана в виде нерастворимых фосфатных осадочных пород. Часть фосфора возвращается на поверхность суши в виде обогащенной фосфором органической массы экскрементов птиц, питающихся рыбой.

Однако несравнимо большее количество фосфатов ежегодно смывается с поверхности суши в океан в результате природных процессов и антропогенной деятельности. Вследствие длящихся миллионы лет геологических процессов могут подниматься и осушаться участки океанического дна, образуя острова или материки. Последующее выветривание обнажившихся горных пород приводит к высвобождению новых количеств фосфора и продолжению круговорота.

Рекомендуемые разделы для дополнительного изучения: Строение биосферы. Круговорот воды в природе. Круговорот серы, углерода. Энергетический обмен в организмах растений и животных. Энергетическая пирамида, трофические уровни в биоценозе. Типы взаимоотношений организмов.

Раздел 2 ЦИТОЛОГИЯ И ГИСТОЛОГИЯ

Тема 1. Современные научные представления в области клеточной биологии

Строение клеток организмов. Клетка – это ограниченная активной мембраной, упорядоченная, структурированная система биополимеров (белков, нуклеиновых кислот) и их макромолекулярных комплексов, участвующих в единой совокупности метаболических и энергетических процессов, осуществляющих поддержание и воспроизведение всей системы в целом.

Форма и размеры клеток могут быть различными. Так выделяют: шаровидные (кокки), звездчатые (остеоциты), вытянутые (миоциты), извитые (спириллы, вибрионы). Самые мелкие клетки бактерий не превышают 0,5 мкм, у многоклеточных организмов колеблются от нескольких микрометров (диаметр лейкоцитов человека 3–4 мкм, диаметр эритроцитов – 8 мкм) до огромных размеров (отростки одной нервной клетки человека имеют длину более 1 м). Диаметр большинства клеток растений и животных колеблется от 10 до 100 мкм (Карпеева, Ильина, Недошивина, 2012).

Несмотря на разнообразие форм и размеров все живые клетки любого организма сходны по многим признакам внутреннего строения. При этом все клетки можно разделить на два типа: прокариотические, типичные для бактерий и сине-зеленых водорослей, и эукариотические, из которых состоят все другие организмы.

Из всех известных клеток прокариотическая самая простая, и судя по данным палеонтологической летописи – это, вероятно, самая первая клетка, возникшая 3–3,5 млрд лет назад. У бактерий и сине-зеленых водорослей живая часть клетки, ограниченная снаружи плазматической мембраной, покрыта более или менее жесткой клеточной стенкой и желеобразной слизистой капсулой, или футляром. Состав этой стенки, определяющей инфекционность некоторых патогенных организмов, у разных прокариот различен: стенка бактериальной клетки содержит липиды, углеводы и пептидные комплексы, образуемы аминокислотами и аминами; у сине-зеленых водорослей клеточная стенка такая же как у эукариотических клеток, поскольку она содержит некоторое количество целлюлозы.

Клеточное содержимое состоит из ядерной области, обладающей меньшей электронной плотностью, и очень плотной цитоплазмой. Тонкие спутанные волокна диаметром 30–50 Å пересекают светлую ядерную область. Эти волокна можно выделить из бактериальной клетки. Они представляют собой нити дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) – наследственного материала клетки. У бактерий фотосинтезирующим пигментом служит бактериохлорофилл, у сине-зеленых водорослей – хлорофилл *a* и фикоцианин. В цитоплазме прокариотических

клеток также содержатся рибосомы – маленькие округлые тельца диаметром 150–200 А, но никаких других структур в ней нет.

Эукариотическая клетка (рис. 6), организованная значительно сложнее прокариотической, от которой она, вероятно, происходит. В ней существует «разделение труда», достигаемое при помощи мембран (Свенсон, Уэбстер, 1980). Клеточная стенка эукариот состоит главным образом из полисахаридов: у грибов азотосодержащий – хитин, у дрожжей 60–70 % полисахаридов представлены глюканом и маннаном. Функции клеточной стенки заключаются в том, что она регулирует поступление в клетку воды и других веществ, обеспечивает тургор и служит каркасом, поддерживающим постоянную форму клетки.

Цитоплазматическая мембрана (далее – ЦПМ) представляет собой комплекс, состоящий из двойного липидного слоя, в который включены молекулы белков. В состав многих биологических мембран входят также углеводы. ЦПМ регулирует процессы обмена веществ клетки и обеспечивает ее связь с внешней средой. У эукариот ЦПМ способна захватывать из окружающей среды большие капли, содержащие углеводы, липиды и белки. Это явление называется пиноцитозом. Также способна захватывать из среды твердые частицы (фагоцитоз). Кроме того, ЦПМ ответственна за выброс в среду продуктов обмена (Садчикова, Селезнева, 2005).

Ядро отделено от цитоплазмы двойной ядерной мембраной, в которой имеются многочисленные поры. Они служат главным образом для транспорта из ядра в цитоплазму предшественников рибосом, информационной и транспортной РНК. В нуклеоплазме ядра располагаются хромосомы, состоящие из двух нитевидных цепочных молекул ДНК, образующих комплекс с белками. В ядре имеется также ядрышко, богатое рРНК и связанное с участком ядрышкового организатора специфической хромосомы. Основными функциями ядра являются участие в размножении клетки и регуляция ее жизнедеятельности.

В эукариотической клетке ядро – важнейший, но единственный носитель наследственной информации, часть содержится в ДНК митохондрий и хлоропластов.

Митохондрии – мембранные структуры, имеющие две мембраны: наружную и внутреннюю. На внутренней сильно складчатой мембране сосредоточены окислительно-восстановительные ферменты. Основной функцией митохондрий является снабжение клетки энергией (образование АТФ). Митохондрия – саморепродуцирующая система, так как в ней имеется собственная кольцевая молекула ДНК и она способна к самостоятельному делению без участия клеточного ядра.

Эндоплазматическая сеть (ЭПС) – мембранная структура, состоящая из канальцев, которые пронизывают цитоплазму клетки, соединяясь с цитоплазматической мембраной с одной стороны и мембраной клеточного ядра с другой. ЭПС бывает гладкой (агранулярной) и шероховатой (гранулярной). На поверхности шероховатой ЭПС располагаются рибосомы, более крупные, чем у прокариот. На мембранах гладкой ЭПС расположены ферменты, осуществляющие синтез липидов. ЭПС также выполняет функцию транспорта веществ в клетке.

Комплекс Гольджи – стопки уплощенных мембранных цистерн и пузырьков, в которых осуществляется посттрансляционная обработка, упаковка и транспорт белков внутри клетки. В комплексе Гольджи происходит также синтез гидролитических ферментов, и он является местом образования лизосом.

В лизосомах сосредоточены гидролитические ферменты. С их помощью происходит расщепление органических веществ (белков, жиров, углеводов).

Вакуоли отделены от цитоплазмы мембранами. В запасующих вакуолях содержатся запасные питательные вещества клетки, а в шлаковых – ненужные продукты обмена и токсичные вещества (Верещагина, 2012).

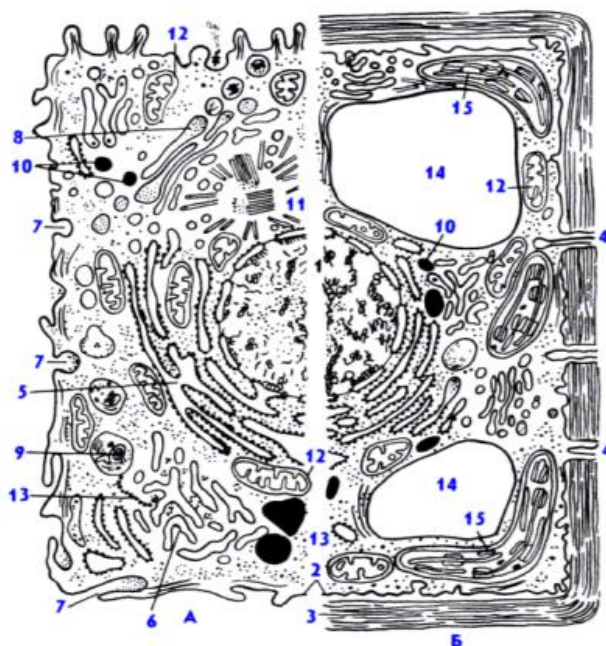


Рис. 6. Комбинированная схема строения эукариотической клетки

А – клетка животного организма; Б – растительная клетка:

- 1 – ядро, содержащее хроматин и ядрышко;
- 2 – плазматическая мембрана; 3 – плотная клеточная оболочка,
- 4 – плазмодесмы; 5 – гранулярная ЭПС
- (с прикрепленными к ней «эукариотическими» рибосомами;
- 6 – агранулярная ЭПС; 7 – пиноцитозные вакуоли; 8 – аппарат Гольджи;
- 9 – лизосомы; 10 – включения жира; 11 – центриоль и микротрубочки;
- 12 – митохондрии; 13 – полирибосомы; 14 – вакуоли; 15 – хлоропласты

Все три основные группы организмов: животные, растения и грибы являются эукариотами. Однако строение их клеток неодинаково. Эти различия наряду с особенностями питания легли в основу деления надцарства эукариот на три царства (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика основных форм эукариотической клетки (Садчикова, Селезнева, 2005; Верещагина, 2012)

Структура	Растительная клетка	Клетка грибов	Животная клетка
Клеточная стенка	Характерно наличие толстой целлюлозной клеточной стенки, углеводный компонент клеточной оболочки сильно выражен и представлен целлюлозной клеточной оболочкой	Клетка гриба покрыта твердой оболочкой, которая состоит в основном из хитина, белков, жиров и углеводов. Но может быть и целлюлозно-хитиновой, хитиново-глюкановой	Как правило, имеют тонкую клеточную стенку, углеводный компонент относительно тонок (толщина 10–20 нм), представлен олигосахаридными группами гликопротеинов и гликолипидов, и называется гликокаликсом
Клеточный центр	Есть только у низших растений	Есть во всех клетках	Есть во всех клетках
Центриоли	Нет	У некоторых видов есть, у высших нет	Есть

Структура	Растительная клетка	Клетка грибов	Животная клетка
Положение ядра	У высоко дифференцированных растительных клеток, как правило, оттеснены клеточным соком к периферии и лежат пристеночно	Расположено либо в центре, либо у клеточной оболочки или перегородки	Чаще всего занимают центральное положение
Пластиды	Есть	Нет	Нет
Вакуоли	Крупные полости, заполненные клеточным соком – водным раствором различных веществ, являющихся запасными или конечными продуктами. Осмотические резервуары клетки	В молодых организмах они маленькие, с возрастом сливаются в одну большую вакуоль	Сократительные, пищевые, выделительные вакуоли. Обычно небольшие по размеру
Включения	Запасные питательные вещества в виде зерен крахмала, белка, капель масла; вакуоли с клеточным соком, кристаллы солей	Внутри цитоплазмы расположены различные включения. Они могут быть вредными или полезными. Эти включения участвуют в размножении, обеспечивают питательными веществами, защищают	Запасные питательные вещества в виде зерен и капель (белки, жиры, гликоген); конечные продукты обмена, кристаллы солей; пигменты
Способ деления	Цитокинез путем образования посередине клетки фрагмопласта. Клетки высших растений не содержат центриолей	Веретено деления формируется. Ядерная оболочка не исчезает при митозе, метафазная пластинка не формируется	Деление путем образования перетяжек. Клеточный центр содержит две центриоли
Главный резервный питательный углевод	Крахмал	Гликоген	Гликоген
Способ питания	Автотрофный (фототрофный, хемотрофный)	Гетеротрофное	Гетеротрофный
Способность к фотосинтезу	Есть	Нет	Нет
Синтез АТФ	В хлоропластах и митохондриях	В митохондриях	В митохондриях

Размножение клеток. Жизненный цикл клетки. Увеличение числа клеток происходит путем деления исходной клетки. Обычно делению клеток предшествует редупликация хромосомного аппарата, синтез ДНК. Время существования клетки от деления до следующего деления или смерти называют клеточным (жизненным) циклом. В течение жизни клетки растут, дифференцируются, выполняют определенные функции, размножаются, гибнут. В клеточном цикле можно выделить митотический цикл, включающий подготовку клеток к делению и само деление. В жизненном цикле есть периоды, когда клетки выполняют определенные функции.

В клеточном цикле можно выделить собственно митоз и интерфазу, включающую пре-синтетический (постмитотический) – G₁ период, синтетический (S) период и постсинтетический (премитотический) – G₂ период. Подготовка клетки к делению происходит в интерфазе. Существуют три способа деления клетки: митоз, амитоз, мейоз.

Митоз – непрямоe деление клетки. Митоз состоит из четырех фаз: профазы, метафазы, анафазы, телофазы. В результате митоза происходит точное распределение генетического материала между двумя дочерними клетками. Обе дочерние клетки получают диплоидный набор хромосом. Митоз обеспечивает поддержание постоянства числа хромосом в ряду поколений и служит клеточным механизмом процессов роста, развития организма, регенерации, бесполого размножения. При нарушении хода митоза, происходящего под действием некоторых ядов, наблюдается нерасхождение хромосом, нарушение их строения, повреждение веретена деления. Вследствие повреждений имеют место различные мутации (Сергеева, Сергеев, 2014).

Мейоз – процесс деления клеточного ядра с образованием четырех дочерних ядер, каждое из которых содержит вдвое меньше хромосом, чем исходное ядро. Мейоз – редуционное деление: происходит уменьшение числа хромосом в клетке с диплоидного (2n) до гаплоидного (n). Мейоз сопровождается образованием гамет у животных и образованием спор у растений. В результате мейоза получают гаплоидные ядра, при слиянии которых во время оплодотворения восстанавливается диплоидный набор хромосом.

Мейоз выполняет следующие функции при делении:

1. Поддержание постоянства числа хромосом. Если бы не возникало редукции числа хромосом при гаметогенезе, и половые клетки имели гаплоидный набор хромосом, то из поколения в поколение возрастало бы их число.

2. При мейозе образуется большое число новых комбинаций негомологичных хромосом.

3. В процессе кроссинговера имеют место рекомбинации генетического материала. Практически все хромосомы, попадающие в гаметы, содержат участки, происходящие как первоначально от отцовской, так и от материнской хромосомы. Этим достигается большая степень перекомбинации наследственного материала. В этом одна из причин изменчивости организмов, дающая материал для отбора.

Амитоз – прямое деление клетки, при котором ядро находится в интерфазном состоянии. Хромосомы не выявляются. Веретено деления не образуется. Амитоз приводит к появлению двух клеток, но очень часто в результате амитоза возникают двуядерные и многоядерные клетки (Свенсон, Уэбстер, 1980).

Тема 2. Ткани организмов как объекты современных научных исследований

Растительные ткани. В основе организации высших растений лежит принцип специализации клеток, который заключается в том, что каждая клетка организма выполняет не все присущие ей функции, а только некоторые, но зато более полно и совершенно. Системы клеток, структурно и функционально сходные друг с другом и обычно имеющие общее происхождение, получили название тканей (Берсенева, 2015).

Образовательная ткань или меристема – это недифференцированная растительная ткань, клетки которой способны многократно делиться. Возникшие из меристем клетки дифференцируются и дают начало всем тканям и органам растений.

Клетки меристемы имеют малодифференцированный протопласт и слабо оформленные мелкие вакуоли. Пластиды обычно находятся в стадии пропластид.

Отложения запасных веществ в активно делящихся клетках не происходит. Клетки меристематической ткани располагаются близко и не имеют межклетников.

Однако разные меристемы сильно отличаются по форме и размерам составляющих их клеток. Так, апикальная меристема построена паренхимными клетками, а прокамбий и камбий – прозенхимными.

Под покровной тканью понимают комплекс клеток, расположенных снаружи органа растения. Ее функция заключается в предохранении растений от высыхания, действия низких

и высоких температур, механических повреждений и других неблагоприятных факторов внешней среды, а также в осуществлении всасывания и выделения воды и других веществ. При изменениях возраста органов и их функций, покровные ткани закономерно сменяют одна другую. По происхождению различают первичные (эпидерма, ризодерма, веламен), вторичные (перидерма) и третичные (корка или ритидом) покровные ткани (Криворотов, Чукуриды, Мордалев и др., 2011).

Механические ткани. Механические свойства растительных клеток обеспечиваются жесткой оболочкой клетки, и тургесцентностью, т. е. тургорным состоянием клеток. Несмотря на то, что механическими свойствами обладают практически все клетки тканей, однако в растении есть ткани, для которых механические свойства являются основными. Это колленхима и склеренхима. Они обычно функционируют при взаимодействии с другими тканями. Внутри тела растения образуют своеобразный каркас. Поэтому их называют арматурными.

Значительно в меньшей степени во внутренней опоре нуждаются растения, живущие в водной среде, чем наземные. Причина в том, что водные растения нуждаются во внутренней опоре в меньшей степени. Их тело в значительной степени поддерживается окружающей водой. Воздух на суше подобные поддержки не создает, так как по сравнению с водой имеет меньшую плотность. Именно по этой причине становится актуальным наличие специализированных механических тканей.

Колленхима образована только живыми клетками, вытянутыми вдоль оси органа. Этот вид механических тканей формируется очень рано, в период первичного роста. Поэтому важно, чтобы клетки оставались живыми и сохраняли способность растягиваться вместе с растягивающимися клетками, которые находятся рядом.

Склеренхима – второй тип механических тканей. Клетки склеренхимы мертвы. Их стенки очень толстые. Они и выполняют механическую функцию. Сильное утолщение оболочки приводит к нарушению транспорта веществ, в результате чего гибнет протопласт.

Одревеснение оболочек клеток склеренхимы наступает, когда орган растения уже завершил свой рост. Поэтому они уже не препятствуют растяжению окружающих тканей.

Склерейды, или каменистые клетки, представлены округлыми или ветвистыми клетками с мощными оболочками. В теле растения они могут находиться поодиночке (опорные клетки) или группами. Часть склерейды образуют сплошные слои, как, например, в скорлупе орехов или в косточках плодов (косточковых). Волокна и склерейды располагаются в органах растений группами или поодиночке. В последнем случае их называют идиобластами (Криворотов, Чукуриды, Мордалев и др., 2011).

Проводящая система растений состоит из ксилемы (древесины), осуществляющей восходящий ток воды и растворенных в ней минеральных веществ от корней к листьям и флоэмы – ткани, проводящей пластические вещества (нисходящий ток) от листьев к корням. Это сложные ткани, так как включают различные по структуре и функциональному значению анатомические элементы.

Проводящие ткани по происхождению могут быть первичными и вторичными. Первичные образуются в результате деятельности прокамбия, а вторичные – камбия. Ксилему составляет три типа элементов: 1) собственно проводящие (трахеиды и сосуды); 2) механические (древесинные волокна или либриформ); 3) паренхимные.

Флоэма, как и ксилема, состоит из трех типов тканей: 1) собственно проводящей (ситовидные клетки, ситовидные трубки); 2) механической (лубяные волокна); 3) паренхимной. Пронизаны большим количеством перфораций (Криворотов, Чукуриды, Мордалев и др., 2011).

Основные ткани объединяют ткани, составляющие основную массу различных органов растения. Состоит из живых паренхимных, более или менее округлых клеток с тонкими целлюлозными стенками. Между клетками имеются межклетники. В клетках обычно заметны вакуоли.

Основная паренхима может выполнять какую-либо основную функцию. Особенно часто основная ткань служит для отложения запасных продуктов. В систему ассимиляционных (синтезирующих) тканей объединяют ткани, основной функцией которых является ассимиляция в узком смысле, т. е. фотосинтез. У высших растений они обычно имеют зеленую окраску.

Клетки хлоренхимы имеют целлюлозные оболочки, обычно тонкие, без выраженных пор. Протопласт расположен в постенном слое, центральная часть клетки занята крупной вакуолью. Доступ углекислоты к клеткам хлоренхимы облегчается тем, что в ней имеется система межклетников, образующих связанную систему, сообщающуюся с атмосферой.

Аэренхима (воздухоносная ткань) – ткань, с преобладающей функцией газообмена (вентиляции), имеющая крупные межклетники. Паренхимные клетки воздухоносной ткани могут иметь различные модификации и сочетания, что обуславливает характер межклетников. Аэренхима развита у растений с затрудненным газообменом.

Запасающие ткани несут функцию накопления и хранения запасов воды и пластических (органических) веществ. Ткани, запасающие воду (водоносные ткани), состоят либо из живых паренхимных клеток с тонкими целлюлозными оболочками, иногда ослизняющимися, либо из мертвых клеток – трахеид с одревесневающими оболочками. Ткани, запасающие пластические вещества, делят на два типа: 1) ткани, накапливающие запасы в полостях клеток; 2) ткани с запасами в полостях 79 клеток и в их оболочках. Запасающие ткани обоих типов состоят из живых паренхимных клеток (Криворотов, Чукуриди, Мордалев и др., 2011).

Выделительные ткани. В результате процесса метаболизма в растениях образуются вещества, которые по разным причинам почти не используются (за исключением млечного сока). Обычно эти продукты накапливаются в определенных клетках. Представлены выделительные ткани группами клеток или одиночными. Делятся на внешние и внутренние.

Внешние выделительные ткани представлены видоизменениями эпидермы и особыми железистыми клетками в основной ткани внутри растений с межклеточными полостями и системой выделительных ходов, которыми секреты выводятся наружу. Выделительные ходы в разных направлениях пронизывают стебли и частично листья и имеют оболочку из нескольких слоев отмерших и живых клеток. Видоизменения эпидермы представлены многоклеточными (реже одноклеточными) железистыми волосками или пластинками разнообразного строения. Внешние выделительные ткани производят эфирные масла, бальзамы, смолы и т. п.

Эфирные масла. Их значение в жизни растений: запахом привлекают опылителей, отпугивают врагов, некоторые (фитонциды) – убивают или подавляют рост и размножение микроорганизмов.

Смолы образуются в клетках, которые окружают смоляные ходы, как продукты жизнедеятельности голосеменных (сосна, кипарис и т. п.) и покрытосеменных (некоторые бобовые, зонтичные и т. п.) растений. Это – разные органические вещества (смоляные кислоты, спирты и т. п.). Наружу выделяются с эфирными маслами в виде густых жидкостей, которые называются бальзамами. Они имеют антибактериальные свойства. Используются растением в природе и человеком в медицине для заживления ран.

Железы, расположенные в цветке или на разных частях побегов, клетки которых выделяют нектар, называются нектарниками. Они образованы основной тканью, имеют протоки, которые открываются наружу. Выросты эпидермы, которые окружают проток, придают нектарнику разную форму (горбовидную, ямковидную, рожковидную и т. п.). Нектар – это водный раствор глюкозы и фруктозы (концентрация составляет от 3 до 72 %) с примесями ароматических веществ. Основная функция – привлечение насекомых и птиц для опыления цветков.

Специальные железы насекомоядных растений (известно свыше 500 видов покрытосеменных) выделяют ферменты, которые разлагают белки насекомых. Таким образом, насекомоядные растения восполняют недостаток азотистых соединений, так как их в почве не хватает. Всасываются переваренные вещества через устьица.

Железистые волоски накапливают и выводят наружу, например, эфирные масла (мята и т. п.), ферменты и муравьиную кислоту, которые вызывают ощущение боли и приводят к ожогам (крапива) и др.

Внутренние выделительные ткани – это вместилища веществ или отдельные клетки, которые на протяжении жизни растения наружу не открываются (Берсенева, 2015).

Строение тканей животных и человека. Ткани классифицируются на эпителиальные ткани, которые подразделяются на поверхностные и железистые; ткани внутренней среды,

включающие кровь, лимфу, хрящевую и костную ткани; мышечные ткани, включающие гладкую и исчерченную, или поперечно-полосатую, подразделяющуюся на сердечную и скелетную; нервную ткань (Студеникина, 2014).

Эпителиальные ткани – однослойные или многослойные пласты, покрывающие внутренние или внешние поверхности любого органа (рис. 7). Развиваются: из эктодермы – эпителий кожи, нервной системы, эпителиальная выстилка переднего и заднего отделов пищеварительного тракта; из энтодермы – эпителий остальных отделов пищеварительного тракта, печени, поджелудочной железы. Внутреннюю выстилку кровеносных сосудов образует эндотелий, который нельзя считать истинным эпителием, так как он развивается из мезодермы (Голованова, Сетков, Боровкова, 2009).

Эпителиальные клетки удерживаются между собой небольшим количеством цементирующего вещества, которое содержит гиалуроновую кислоту. Нижний слой клеток лежит на базальной мембране. Она состоит из переплетения коллагеновых волокон, которые секретируются нижележащими тканями (Гунин, 2017). Так как эпителий не снабжается кровью, кислород и питательные вещества поступают в его клетки путем диффузии из лимфатических сосудов, которые разветвляются в примыкающих межклеточных пространствах. Основная функция – защита от механических воздействий, защита от инфекций.

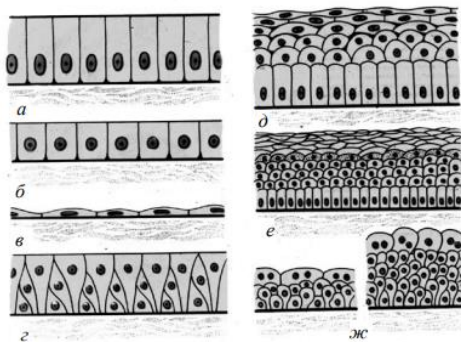


Рис. 7. Схема строения различных типов эпителия:

- а – однослойный цилиндрический эпителий; б – однослойный кубический;
- в – однослойный плоский; г – многоклеточный эпителий;
- д – многослойный плоский неороговевающий эпителий;
- е – многослойный плоский ороговевающий;
- ж – переходный эпителий в разных состояниях стенки органа

Эпителиальные ткани делятся на поверхностные, включающие, покровный и выстилающий, и железистый эпителий. Покровный – это эпидермис кожи, выстилающий – это эпителий, покрывающий полости различных органов (желудка, мочевого пузыря и др.), железистый – входит в состав желез (Голованова, Сетков, Боровкова, 2009).

Соединительные ткани относятся к тканям внутренней среды и классифицируются на собственно соединительную ткань и скелетную ткань (хрящевая и костная). Собственно, соединительная ткань делится на: 1) волокнистую, включающую рыхлую и плотную, которая подразделяется на оформленную и неоформленную; 2) ткани со специальными свойствами (жировая, слизистая, ретикулярная и пигментная). В состав рыхлой и плотной соединительной ткани входят клетки и межклеточное вещество. В рыхлой соединительной ткани много клеток и основного межклеточного вещества, в плотной – мало клеток и основного межклеточного вещества и много волокон. В зависимости от соотношения клеток и межклеточного вещества эти ткани выполняют различные функции. В частности, рыхлая соединительная ткань в большей степени выполняет трофическую функцию и в меньшей – опорно-механическую, а плотная соединительная ткань – в большей степени опорно-механическую функцию. Общие функции соединительной ткани: 1) трофическая; 2) функция механической защиты (кости черепа), 3) опорно-механическая (костная, хрящевая ткани, сухожилия, апоневрозы); 4) формообразующая функция (склера глаза придает глазу определенную форму); 5) защитная (фагоцитоз

и иммунологическая защита); б) пластическая (способность адаптироваться к новым условиям внешней среды, участие в заживлении ран); 7) участие в поддержании гомеостаза организма (Цитология..., 2017).

К скелетным типам тканей внутренней среды относятся хрящевая и костная ткани. Хрящевая ткань состоит из клеток – хондроцитов и хондробластов, а также из большого количества межклеточного вещества, отличающегося прочностью и упругостью. Плотное межклеточное вещество (матрикс) представлено аморфным и волокнистым компонентами. Хрящевая ткань содержит 10–12 % органических соединений, 4–6 % минеральных солей, и остальную долю составляет вода. Хрящевая ткань, как и покровный эпителий, не содержит кровеносных сосудов. При развитии хрящевой ткани из мезенхимы мезенхима уплотняется, при этом клетки теряют свои отростки, усиленно пролиферируют и образуют скелетогенный зачаток, из которого хондрогенные клетки дифференцируются в хондробласты. Молодые хондробласты начинают создавать тонкие прослойки межклеточного вещества и образуют первичную хрящевую ткань или прехондриальную ткань. По периферии хрящевой закладки на границе с мезенхимой возникает надхрящница, или перихондрий, состоящий из наружного соединительного и внутреннего хондрогенного слоев. Костная ткань – особая форма соединительной ткани, в которой около 70 % от ее сухого вещества приходится на неорганические соединения. У позвоночных в постнатальном периоде развития организма из такой ткани сформированы кости скелета. Остеогенные клетки происходят из мезенхимы, имеют веретеновидную форму. Остеобласты представляют собой популяцию неделящихся отростчатых клеток, имеющих кубическую, полиганальную или цилиндрическую форму. Ядро расположено эксцентрично, цитоплазма резко базофильна. Размеры тела остеобластов составляют 15–20 мкм. Основная функция остеобластов связана с синтезом и секрецией костного матрикса. Остеобласты синтезируют белок коллаген и гликозаминогликаны. За счет этих компонентов формируется органический матрикс костной ткани. Затем эти же клетки обеспечивают минерализацию межклеточного вещества посредством выделения солей кальция. Постепенно, выделяя межклеточное вещество, они как бы замуровываются и превращаются в остеоциты.

Кровь – это ткань внутренней среды с защитно-трофической функцией, состоящая из жидкого межклеточного вещества (плазмы), постклеточных структур (эритроцитов и тромбоцитов) и клеток как периферической крови и лимфы, так и клеток на всех стадиях своего развития и кроветворных органах (Голованова, Сетков, Боровкова, 2009).

Мышечные ткани являются тканями различного происхождения и гистологического строения, объединенными по признаку сократимости. Основные морфологические признаки элементов мышечных тканей – удлинённая форма, наличие специальных органелл миофибрилл и миофиламентов состоящих из сократительных белков актина и миозина, наличие миоглобина (Федотов, 2019). Миофиламенты – специальные органеллы обеспечивают сокращение, которое возникает при взаимодействии сократительных белков – актина и миозина при обязательном участии ионов кальция. Миоглобин – белок-пигмент, обеспечивающий связывание кислорода и создание его запаса на момент сокращения мышцы, когда сдавливаются кровеносные сосуды. Различают гладкую, поперечно-полосатую скелетную и поперечно-полосатую сердечную мышечную ткань. В организме млекопитающих и птиц они выполняют следующие основные функции: обеспечивают движение всего организма, а также его частей – головы, конечностей и т. д.; обеспечивают двигательные процессы во внутренних органах; способствуют поддержанию тонуса организма, его формы и позы (Цитология..., 2017).

Нервная ткань – это система нервных клеток и нейроглии, обеспечивающих специфические функции восприятия раздражений, возбуждения, выработки импульса и его передачи. Она является основой строения органов нервной системы. В нервной ткани выделяют два типа клеток – нервные и глиальные. Нервные клетки (нейроны, или нейроны) – клетки нервной системы, ответственные за получение, обработку и передачу сигнала. Различают три типа нейронов: афферентные (чувствительные) – воспринимают импульс и передают его в центральную нервную систему. Эфферентные (или двигательные) – передают импульс из цен-

тральной нервной системы на ткани рабочих органов. Ассоциативные (или вставочные) – осуществляют связь между нейронами. Подавляющее большинство нейронов – ассоциативные (Федотов, 2019).

Нейроны состоят из тела (или перикариона) и отростков: одного аксона и нескольких дендритов. Аксон – это отросток, по которому импульс передается от тела клетки. Дендриты – ветвящиеся отростки, воспринимающие возбуждение и проводящие его к телу клетки. В цитоплазме нейрона хорошо развита сеть нейрофибрилл. В перикарионе и дендритах хорошо развита гранулярная эндоплазматическая сеть, ее цистерны образуют скопления, получившие название тигроидного вещества, или вещества Ниссля. В нейронах образуются нейромедиаторы, с помощью которых происходит передача нервного импульса с одного нейрона на другой. По количеству отростков различают: униполярные нейроны имеют только аксон. Псевдоуниполярные нейроны – от тела клетки отходит один отросток, который затем Т-образно делится на аксон и дендрит. Биполярные – имеют один аксон и один дендрит. Мультиполярные – имеют один аксон и много дендритов (Цитология..., 2017).

Значение нервной ткани в организме определяется основными свойствами нервных клеток (нейронов или нейроцитов) воспринимать раздражение, приходиться в состояние возбуждения, вырабатывать импульс и передавать его. Нервная ткань осуществляет регуляцию деятельности тканей и органов, их взаимосвязь и связь с окружающей средой. Нервная ткань состоит из: нейроцитов, выполняющих специфическую функцию, и нейроглии, обеспечивающей существование и специфическую функцию нервных клеток и осуществляющей опорную, трофическую, разграничительную, секреторную и защитную функции. Особенностью нервной ткани является полное отсутствие межклеточного вещества. Нервная ткань развивается из дорсального утолщения эктодермы – нервной пластинки (Студеникина, 2014; Цитология..., 2017).

Микроскопическое строение вегетативных органов растений (корень, стебель, лист). Типичный корень представляет собой подземный орган, присущий всем высшим растениям (кроме мхов). Корень служит для закрепления растения в почве, поглощения из почвы воды с растворенными в ней солями, в корне часто откладываются запасные продукты, корень участвует в синтезе органических веществ, служит для вегетативного размножения. Корень никогда не несет на себе листьев, поэтому по сравнению со стеблем его структура относительно проста.

Корень по длине можно разделить на несколько участков, имеющих различное строение и выполняющих различные функции. Эти участки называют зонами корня. Выделяют корневую чехлик и следующие зоны: деления, растяжения, всасывания и проведения. Дифференциация тканей корня происходит в зоне всасывания. По происхождению это первичные ткани, так как они образуются из первичной меристемы конуса нарастания. Поэтому микроскопическое строение корня в зоне всасывания называют первичным. У однодольных растений первичное строение сохраняется и в зоне проведения. Здесь лишь отсутствует самый поверхностный слой с корневыми волосками – ризодерма (эпиблема). Защитную функцию выполняет ниже лежащая ткань – экзодерма. В первичном строении корня выделяют три части: ризодерму, первичную кору и осевой (центральный) цилиндр. На первичную кору приходится основная масса первичных тканей корня. Ее клетки накапливают крахмал и другие вещества. Эта ткань содержит многочисленные межклетники, имеющие значение для аэрации клеток корня. Наружные клетки первичной коры, лежащие непосредственно под ризодермой, называются экзодермой. Основная масса коры (мезодерма) образована паренхимными клетками. Самый внутренний слой носит название эндодермы. Это ряд плотно сомкнутых клеток (без межклетников).

Центральный или осевой цилиндр (стела) состоит из проводящих тканей, окруженных одним или несколькими слоями клеток – перициклом. Внутренняя часть центрального цилиндра у большинства растений занимает сплошной тяж первичной ксилемы, дающий к перициклу выступы в виде ребер. Между ними размещаются тяжи первичной флоэмы. У двудольных и голосеменных растений уже в раннем возрасте в центральном цилиндре корня между

ксилемой и флоэмой появляется камбий, деятельность которого приводит к вторичным изменениям и в конечном итоге формируется вторичная структура корня. К центру камбий откладывает клетки вторичной ксилемы, а к периферии – клетки вторичной флоэмы. В результате деятельности камбия первичная флоэма оттесняется наружу, а первичная ксилема остается в центре корня. Вслед за изменениями в центральном цилиндре корня происходят изменения в корковой части. Клетки перидермы начинают делиться по всей окружности, в результате чего возникает слой клеток вторичной меристемы – феллогена (пробкового камбия). Феллоген, в свою очередь, делясь, откладывает наружу феллему, а внутрь – феллодерму. Образуется перидерма, пробковый слой которой изолирует первичную кору от центрального цилиндра. В результате вся первичная кора отмирает и постепенно сбрасывается; наружным слоем корня становится перидерма. Клетки феллодермы и остатки перидермы в дальнейшем разрастаются и составляют паренхимную зону, которую называют вторичной корой корня. При развитии запасающей паренхимы главного корня происходит формирование запасующих корней или корнеплодов. Различают корнеплоды: монокамбиальные (редька, морковь) – закладывается только один слой камбия, а запасные вещества могут накапливаться либо в паренхиме ксилемы (ксилемный тип редька), либо в паренхиме флоэмы (флоэмный тип морковь); поликамбиальные через определенные промежутки времени происходит заложение нового слоя камбия (свекла) (Ларькина, 2012).

Стебель представляет собой ось побега, несущая листья и почки. Основные функции стебля – опорная и проводящая. Стебель осуществляет связь между корнями и листьями. Кроме того, в стебле нередко откладываются запасные питательные вещества. Иногда стебель – ассимилирующий орган. На начальных этапах развития побега складывается первичная анатомическая структура стебля. У двудольных и голосеменных первичная структура довольно быстро нарушается в результате разного рода вторичных изменений и в итоге формируется так называемое вторичное строение стебля. В результате деятельности прокамбия и остальной первичной меристемы конуса нарастания образуется первичное строение стебля. В первичном стебле обычно различают первичную кору и стелу (центральный цилиндр). В отличие от корня первичная кора снаружи покрыта эпидермой. Граница между стелой и корой в стеблях выражена гораздо менее четко, нежели в корнях, так как внутренний пограничный слой первичной коры – эндодерма не имеет столь характерных признаков, как в корне. В состав первичной коры могут входить хлоренхима (ассимиляционная паренхима), неспециализированная паренхима, выделительные, механические (чаще колленхима), а также некоторые другие ткани. Совокупность тканей стебля, расположенных внутри от коры, называется центральным цилиндром (стелой). Он занимает центральную часть стебля внутри от эндодермы, с которой граничит самый наружный слой центрального цилиндра – перидерма. Под ним располагаются проводящие ткани, которые, в свою очередь, охватывают сердцевину. Вся система проводящих тканей в осевых органах, рассматриваемая как единое целое, является стелой. В состав стелы входят, кроме ксилемы и флоэмы, перидерма, сердцевинные лучи и сердцевина. Самые ранние элементы первичной ксилемы и первичной флоэмы называют протоксилемой и протофлоэмой. Сердцевина расположена в центре стебля и состоит преимущественно из паренхимы. Сердцевина многих растений частично разрушается, и тогда стебель становится полым. В стебле сердцевина сообщается с первичной корой при помощи паренхимной ткани, расположенной радиальными рядами и получившей название сердцевинных лучей. Наружная часть сердцевины может несколько отличаться от основной ее массы, например, меньшими размерами клеток и более толстыми оболочками. У голосеменных и большинства двудольных покрытосеменных рост стебля в толщину осуществляет камбий, образующий вторичные ткани (Ларькина, 2012).

Лист – боковой орган побега, приспособленный для ассимиляции, испарения и газообмена. Поэтому в его структуре преобладают анатомические элементы паренхимного типа. Главной тканью листа является мезофилл, в котором сосредоточены все хлоропласты и происходит фотосинтез. Эпидерма покрывает лист сплошным слоем, регулирует газообмен

и транспирацию. Система разветвленных проводящих пучков снабжает лист водой, поддерживает в клетках мезофилла степень обводнения, необходимую для нормального хода фотосинтеза и осуществляет отток пластических веществ. Арматурную функцию в листе выполняет колленхима и склеренхима. Они совместно с живыми тургесцентными клетками мезофилла и эпидермы образуют прочные механические конструкции. Мезофилл занимает все пространство под нижней эпидермой листа, исключая проводящие пучки и арматурные ткани. Клетки мезофилла довольно однородны по форме и строению (округлые, слегка вытянутые, с отростками). Иногда стенки клеток образуют складки, вдающиеся внутрь (складчатый мезофилл), что увеличивает поверхность и позволяет разместить большое число хлоропластов в постенном слое цитоплазмы. Протопласт состоит из постенного слоя цитоплазмы с ядром и многочисленными хлоропластами. В центре клетки находится большая вакуоль. Мезофилл, чаще всего, дифференцирован на две ткани – палисадную (столбчатую) и губчатую. В палисадном мезофилле клетки вытянуты перпендикулярно поверхности листа, расположены в один или несколько слоев. Клетки губчатого мезофилла соединены более рыхло, и межклеточные пространства в этой ткани могут быть очень большими по сравнению с объемом самих клеток (Берсенева, 2015).

Морфология вегетативных органов растений (корень, стебель, лист). Корень – осевой вегетативный орган, не образующий на себе листьев, обладающий радиальной симметрией и нарастающий в длину до тех пор, пока сохраняется апикальная меристема. Основная функция корня – поглощение из почвы воды с растворенными в ней минеральными веществами. Кроме этого корень укрепляет растение в почве, служитместищем запасных питательных веществ, осуществляет синтез некоторых органических веществ, которые затем перемещаются в другие органы растений. У корнеотпрысковых растений корни выполняют функцию вегетативного размножения.

Корень появился в связи с выходом растений на сушу. Типичный корень представляет собой подземный орган, который характерен для всех высших растений, кроме мхов. Морфологические отличия корня от стебля заключаются в том, что на корне отсутствуют листья или какие-либо их видоизменения. Апикальная меристема корня, которая обеспечивает его нарастание в длину, прикрыта корневым чехликом. Корень обладает положительным геотропизмом, поэтому растет, в основном, верхушкой вниз, в почву, в отличие от стебля, для которого характерен отрицательный геотропизм.

По происхождению корни делят на главный, придаточные и боковые. Главный корень развивается из зародышевого корешка семени. Придаточные корни возникают на других органах растений (стебле, листьях). Боковые корни являются ответвлениями главного и придаточных корней (Ларькина, 2012).

По отношению к субстрату (среде своего обитания) корни делят на земляные, водные, воздушные, чужеядные. Земляные корни характерны для 70 % современных семенных растений и развиваются в почве. Водные, или плавающие, корни формируются в воде у плавающих водных растений. Воздушные корни находятся в воздушной среде и свойственны растениям-эпифитам, которые произрастают на стеблях, ветвях других растений. Чужеядные корни (корни-присоски) встречаются у растений-паразитов и разрастаются в тканях растения-хозяина.

Корневая система – это совокупность всех корней одного растений. Выделяется два типа корневых систем: стержневая и мочковатая. Стержневая корневая система характеризуется наличием хорошо выраженного главного корня, который по длине и ширине значительно превосходит боковые корни. Такой тип корневой системы свойственен представителям класса Двудольные и особенно хорошо развит у древесных растений. Мочковатая корневая система не имеет хорошо выраженного главного корня. Он либо плохо развит, либо отмирает на начальных этапах. Корневая система сформирована большим количеством придаточных корней, которые развиваются на нижних узлах стебля. Мочковатая корневая система появилась позднее в эволюционном плане в процессе приспособления растений к условиям окружающей среды. Развитие корневой системы способствует проникновению корней растений на боль-

шую глубину и ширину в почву, позволяет захватывать максимально возможный объем. Разрастание корней значительно увеличивает поглощающую поверхность корня. Растения могут образовывать корневые системы в 2–3 яруса, что определяется расположением в почве питательных веществ и влаги.

Видоизменениями корней являются корнеплоды, корневые шишки, ходульные корни, дыхательные, втягивающие, корни-присоски и т. д. Запасающие корни выполняют функцию запаса питательных веществ. При этом происходит значительное утолщение корня. Среди запасающих корней выделяются корнеплоды и корнеклубни. Корнеплод представляет собой видоизмененный утолщенный главный корень, который может быть реповидной, веретеновидной, цилиндрической формы. Корнеплоды развиты у свеклы, моркови, редьки, репы. Корнеклубни (корневые шишки) возникают вследствие видоизменения, утолщения боковых и придаточных корней чистяка, ятрышника, георгины.

Ходульные корни (мангры) являются видоизмененными придаточными корнями, которые формируются на стебле главного побега на высоте 2–3 м. Развиты у растений мангров, которые произрастают на затопляемых приливами местах. Дыхательные корни (пневматофоры) формируются также у растений, обитающих в условиях избыточного увлажнения. При этом боковые корни растут горизонтально, от них отходят ответвления, обладающие отрицательным геотропизмом и растущие вертикально вверх. Они прорастают сквозь почву и образуют пневматофоры. Основная их функция – снабжение корней кислородом.

Побег – это неразветвленный стебель с расположенными на нем листьями и почками, развивающийся в течение одного вегетационного периода. Вегетативный побег в типичном случае выполняет функцию воздушного питания. Кроме этого побег может выполнять функции вегетативного размножения, запаса питательных веществ и воды, прикрепления к вертикальной опоре, защиты растения от поедания его животными.

Побег развивается из почки. Структурными элементами побега являются стебель, листья и почки. Стебель – это осевая часть побега. Он нарастает за счет верхушечной меристемы, находящейся в почке, и имеет неограниченный рост. Стебель является связующим звеном между двумя полюсами растений: листьями, которые осуществляют фотосинтез (Ларькина, 2012).

По стеблю происходит передвижение органических веществ (нисходящий ток), воды, растворенных в ней минеральных солей, и органических веществ, синтезируемых в корне (восходящий ток). Стебель, как и корень, может быть вместилищем запасных питательных веществ; может быть органом вегетативного размножения. По своей структуре стебли бывают травянистые и деревянистые. У травянистых растений (однолетних, двулетних) клетки тканей стебля не одревесневают, т. к. такие стебли живут один вегетационный период. Деревянистый стебель живет много лет. Он характерен для деревьев, кустарников, полукустарников. У деревьев главный стебель называют стволом, а у кустарников отдельные стебли – стволками.

По форме поперечного сечения стебли бывают округлые, трехгранные, четырехгранные, ребристые и др.

Участок стебля, несущий лист, называется листовым узлом. Расстояние между двумя ближайшими листовыми узлами – междоузлие. Угол между листом и идущим вверх от листового узла стеблем называется пазухой листа. В пазухе листа находится пазушная, или боковая, почка. Когда лист опадает, на стебле остается листовая рубец. На нем видны листовые следы – проводящие пучки. На верхушке побега расположена верхушечная почка. Характерной чертой побега является метамерность – повторяемость отдельных структур его строения по продольной оси. От основания до верхушки годичный побег складывается из отдельных повторяющихся элементов – метамеров, состоящих из листового узла с отходящим от него листом (или листьями), пазушной почки и расположенного выше междоузлия.

Побегам свойственна цикличность развития. Она связана с сезонными изменениями климатических условий. Для растений умеренного климата осенью и зимой наступает перерыв в росте; в тропиках он наблюдается в сухой период. К моменту наступления неблагоприятных условий на верхушке побега и в пазухах листьев формируются почки.

Листья должны располагаться таким образом, чтобы солнечные лучи освещали равномерно почти каждый фотосинтезирующий лист. В ия: очередное (спиральное), супротивное и мутовчатое. Основным признаком при установлении типа листорасположения – это количество листьев, отходящих от одного листового узла. По расположению в пространстве стебли бывают прямостоячие, приподнимающиеся, вьющиеся, цепляющиеся, лазающие, стелющиеся, ползучие.

Лист – боковой уплощенный орган растений с ограниченным ростом, выполняющий функции фотосинтеза, транспирации и газообмена. Основные функции типичного листа – фотосинтез, дыхание и транспирация. Лист может выполнять также функции запаса питательных веществ и воды, прикрепления (усики), защиты от поедания животными и излишнего испарения (колючки), принимать участие в вегетативном размножении.

Типичный взрослый лист подразделяется на листовую пластинку (у сложных листьев несколько пластинок), черешок, прилистники и основание листа.

Листовая пластинка является наиболее важной частью типичного листа, которая выполняет его основные функции – фотосинтез, газообмен и транспирацию. Для листовой пластинки характерна плоская форма, дорсовентральность и ограниченный рост. Черешок соединяет пластинку листа и его основание. Функции черешка – опорная, проводящая, ориентация листовой пластинки по отношению к источнику света, что достигается различной длиной и изогнутостью черешка. В зависимости от длины черешка листья подразделяются на длинночерешковые и короткочерешковые. По наличию или отсутствию черешка, листья могут быть черешковые – листовая пластинка прикрепляется к стеблю с помощью черешка, и сидячие – лист не имеет черешка и прикрепляется к стеблю основанием.

Сложный лист имеет несколько листовых пластинок (листочков), каждая из которых имеет свой черешочек, сидящий на общей оси (главном черешке) – рахисе. Во время листопада у сложного листа опадают вначале листочки, а затем рахис, поскольку между листочками и рахисом имеется сочленение (Берсенева, 2015).

Раздел 3 МНОГООБРАЗИЕ ОРГАНИЗМОВ

Тема 1. Ботаника низших растений и микология

Водоросли, строение и функции. Водоросли – большая группа низших растений, у которых отсутствуют вегетативные органы. Это самые древние представители растительного мира. Они возникли около 2,5 млрд лет назад, насчитывающая около 100 тысяч видов. Среда обитания водорослей преимущественно водная (пресные водоемы, моря и океаны).

Классификации водорослей:

1. По отделам: существует более 10 отделов водорослей. Самые распространенные среди них – это зеленые, золотистые, диатомовые, красные (Багрянки) и бурые водоросли. Как видно из названий, основным отличием между ними является окраска, которая, в свою очередь, зависит от наличия пигментов для фотосинтеза. Так, зеленые водоросли, обитающие у поверхности воды, имеют в своем составе пигмент хлорофилл, который поглощает красные лучи видимого света. Багрянки живут на большой глубине (150–200 метров), поэтому имеют красные пигменты для улавливания синих и зеленых лучей солнечного спектра.

2. По строению: одноклеточные, колониальные и многоклеточные водоросли. Тело одноклеточных водорослей представлено одной клеткой, выполняющей функции целостного организма. Колониальные формы могут включать от нескольких до сотен клеток – как, например, вольвокс. У многоклеточных водорослей тело – это слоевище (таллом) – группа однородных недифференцированных клеток.

Следовательно, для многоклеточных водорослей наиболее существенным признаком является отсутствие, даже при сложном внешнем строении тела, настоящих тканей и органов.

3. По расположению в воде: планктонные и бентосные. Планктонные водоросли обитают в поверхностном слое воды, являясь начальным звеном пищевых цепей водных животных. Бентосные водоросли – это придонные организмы. Красные водоросли составляют самую большую группу растений в морской придонной растительности.

4. По образу жизни: свободноживущие и прикрепленные. В течение всей жизни свободноживущие водоросли беспрепятственно передвигаются с током воды. Прикрепленные водоросли имеют различные приспособления для прикрепления к подводным субстратам (Макаренко, 2013).

5. По способности к активному движению: подвижные и неподвижные. Многие одноклеточные и колониальные водоросли способны активно перемещаться в воде из-за наличия жгутиков. Неподвижные водоросли не способны к активному движению и имеют ряд приспособлений, позволяющих им парить в толще воды. Это приспособления, уменьшающие их удельный вес (отложения масел, газовые вакуоли и др.) и повышающие трение о воду. Последнее достигается своеобразной формой клеток с тонкими игловидными выростами и длинными шипами, увеличивающими поверхность и выполняющими роль парашютов.

Размножение у водорослей может быть бесполом (спорами, зооспорами или вегетативным путем) и половым.

Бесполое размножение происходит по-разному. У одних водорослей формируются споры, у других – споры снабжены жгутиками, подвижны и поэтому называются зооспорами. Вегетативное размножение осуществляется у одноклеточных – делением клетки, у колониальных – распадом колоний, у многоклеточных водорослей – частями таллома (слоевища).

Половое размножение осуществляется слиянием двух гаплоидных гамет в зиготу (копуляция) или путем обмена генетической информацией (конъюгация). Диплоидная зигота покрывается толстой клеточной стенкой (оболочкой), накапливает запасные питательные вещества и в состоянии покоя способна легко переносить неблагоприятные условия. Зигота или прорастает в новую особь непосредственно, или в ней образуются зооспоры, которые, освобождаясь, дают начало новым особям (Макаренко, 2013).

Рекомендуемые разделы для дополнительного изучения: Отдел Цианобактерии. Отдел Зеленые водоросли. Отдел Диатомовые водоросли. Отдел Бурые водоросли.

Отдел Плауновидные (*Lycopodiophyta*). Плауновидные – очень древняя группа листостебельных растений, представляющих мелколистную линию эволюции. Отдел делят на 2 класса: Плауновые и Полушниковые, которые объединяют около 1000 видов. Класс Плауновые (*Lycopodiosida*) – многолетние равноспоровые травянистые растения с мелкими листьями. К этому классу относится род плаун, который включает 400 видов. В России произрастает 14 видов плаунов. Наиболее распространен плаун булавовидный (*Lycopodium clavatum*) – многолетнее травянистое растение хвойных лесов. Его спорофит представлен длинным ползучим дихотомически ветвящимся побегом с вертикальными ответвлениями и придаточными корнями. Спороносные колоски расположены на длинных ножках обычно по два. Колосок цилиндрической формы, состоит из оси, на которой плотно сидят спорофиллы – чешуевидные треугольные листья с заостренными и загнутыми кверху верхушками. На верхней стороне спорофилла расположен на короткой ножке спорангий со спорами. Споры одинаковые, очень мелкие. Содержат масла и хорошо горят. Спорангий растрескивается поперечной щелью, споры падают на землю, и на глубине несколько сантиметров из них в течение 12–15 лет развивается гаметофит. Он бесцветный, диаметром около 2 см, по форме напоминает луковичку. Антеридии и архегонии образуются на верхней стороне гаметофита. Оплодотворение связано с водой, зигота не имеет периода покоя, из нее сразу образуется зародыш спорофита. Он недолго питается за счет гаметофита, затем его корни проникают в почву, и начинается самостоятельная жизнь спорофита. Класс Полушниковые (*Isoetopsida*) представлен разноспоровыми травянистыми растениями. Среди ныне живущих выделяют 2 рода – полушник (водные растения умеренного пояса) и селлагинелла, виды которого встречаются в тропических влажных лесах. Селлагинеллы интересны в эволюционном отношении, поскольку у них проявляется резкая половая дифференцировка – от спор до однополых гаметофитов, которые сильно редуцированы (Ларькина, 2012).

Рекомендуемые разделы для дополнительного изучения: Отделы Моховидные, плауновидные. Жизненный цикл на примере политриха обыкновенного и плауна булавовидного.

Отдел Хвощевидные (*Equisetophyta*). Отдел Хвощевидные, или членистые, представлен в настоящее время только одним классом – хвощевые, который включает один одноименный порядок, семейство и род, включающий 25 видов травянистых растений. Они имеют мелкие чешуевидные листья, расположенные на стебле мутовками. В цикле развития хвощей доминирует спорофит. Хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.) – наиболее широко распространенный в России, повсеместно встречается как многолетний сорняк. Его спорофит представлен хорошо развитой подземной системой в виде корневища, проникающего в почву на глубину до одного метра, и надземными побегами. Надземные побеги двух видов: спороносные и вегетирующие. У других видов хвоща надземные побеги одинаковы. Спорозоносный колосок хвоща состоит из видоизмененных листьев – спорофиллов, которые имеют форму многогранной пластинки в виде щитка на короткой ножке. На этих видоизмененных листьях образуются спорангии, а в них – споры. Споры снабжены гигроскопическими придатками – элатерами в виде тонких лент, с помощью которых они сцепляются друг с другом в комочки. Споры хвоща внешне одинаковы, но физиологически различны; одни из них прорастают в женские заростки с архегониями, другие в мужские с антеридиями. Оплодотворение связано с водой. Зародыш не имеет периода покоя и разрастается в многолетний спорофит. Хвощ полевой хорошо размножается вегетативно (Ларькина, 2012).

Рекомендуемый раздел для дополнительного изучения – Жизненный цикл на примере хвоща полевого.

Отдел Папоротниковидные (*Polypodiophyta*). Отдел Папоротниковидные в настоящее время самая распространенная группа высших споровых растений, насчитывающая более 10 000 видов. Большинство из них растет во влажных тропиках, где они представлены древовидными и травянистыми формами. В умеренных широтах произрастают только травянистые виды. Основные особенности папоротников – это преобладание долговечного листостебельного спорофита над предельно редуцированным гаметофитом; наличие у спорофита крупных, чаще перисторассеченных листьев, которые называют вайями; группирование спорангиев в сорусы, расположенные на нижней стороне листьев. Современные папоротники делят на 3 класса: Ужовниковые, Маррлатиевые и Полиподиевые. В лесах Пермского края широко распространен представитель класса Полиподиевые Щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott.). Его спорофит – это многолетнее травянистое растение с хорошо развитым подземным корневищем, от которого отходят тонкие придаточные корни и пучок дваждыперисторассеченных листьев. Молодые листья (вайи) скручены улиткообразно, по мере роста они расправляются и достигают одного метра. Размножается папоротник мужской главным образом спорами. В середине лета на нижней стороне листа образуются в большом количестве спорангии, которые сидят кучками, образуя сорусы. Сорус покрыт сверху сидящим на подставке покрывальцем. Созревшие спорангии вскрываются с помощью подсыхающего механического кольца, расположенного по его окружности. Мелкие округлые споры с силой выбрасываются и разносятся ветром. В благоприятных условиях спора прорастает в заросток (гаметофит) – зеленую пластинку диаметром около 10–12 сантиметров. На его нижней стороне развиваются ризоиды и половые органы – архегонии и антеридии. Один из сперматозоидов по воде доплывают до яйцеклетки, находящейся внутри колбовидного архегония. Из зиготы развивается зародыш, который первое время питается за счет заростка. Со временем он разовьет корни, листья и станет мощным, долгоживущим спорофитом. В эволюционном отношении интересны разноспоровые водные папоротники (например, сальвиния плавающая), у которых сильно редуцирован гаметофит, имеются мегаспорангии, в них формируется по одной мегаспоре и микроспорангии с микроспорами (Ларькина, 2012).

Рекомендуемые разделы для дополнительного изучения: Жизненный цикл на примере щитовника мужского и сальвинии плавающей.

Многообразие грибов. Грибы – это гетеротрофные бесхлорофильные организмы, питающиеся готовыми органическими веществами. По способу питания их подразделяют на сапрофиты и паразиты. От водорослей грибы отличаются отсутствием хлорофилла, от дробянок –

наличием типичных ядер. Присутствие в их клетках хитина, гликогена и отсутствие пластид обособляет их от царства растений, оставляя нерешенным вопрос об их происхождении. Отдел делится на следующие классы: Хитридиомицеты, Оомицеты, Зигомицеты, Аскомицеты, Базидиомицеты и Несовершенные грибы. В основу классификации грибов положено строение мицелия и способ размножения. Мицелий у простейших представителей может быть неклеточным и нечленистым, у высших грибов он многоклеточный, обычно нитевидный и членистый. Размножаются грибы вегетативным, бесполом и половым путем. Способы спороношения, как и типы полового процесса, у представителей разных классов различны. Отдел принято подразделять на два подотдела: низшие грибы и высшие грибы. К низшим грибам относятся классы: Хитридиомицеты, Оомицеты, Зигомицеты. Остальные классы относят к высшим грибам.

Класс Хитридиомицеты (*Chytridiomycetes*) объединяет около 300 видов. Его представители имеют вегетативное тело, представленное либо плазмодием – голой цитоплазматической массой, либо клеткой, от которой отходят безъядерные нечленистые зачаточные гифы. Бесполое размножение осуществляется зооспорами, формы полового процесса разнообразны. Ольпидий капустный (*Olpidium brassicae*) паразитирует на капусте. У пораженной рассады корень и часть подсемядольного колена деформируются и чернеют, поэтому болезнь называют черной ножкой. В клетках пораженных органов находятся талломы ольпидиума в виде многоядерных плазмодиев. Плазмодий увеличивается в размерах, покрывается оболочкой и превращается в шаровидный зооспорангий. Зооспоры выходят наружу, проникают в новые растения и образуют в них плазмодий. При благоприятных условиях (избыточная влажность) жизненный цикл длится 2–3 дня. При задержке прорастания зооспорангия зооспоры становятся гаметами и, сливаясь, формируют зиготы. Зигота заражает растение, как и зооспора, а затем может превратиться в одетую толстой оболочкой зимующую цисту. При прорастании зигота делится путем мейоза и образует плазмодий.

Класс Оомицеты (*Oomycetes*) включает около 300 видов. Мицелий состоит из неклеточных, разветвленных гиф, содержащих много ядер. Половой процесс оогамный, зигота диплоидна, при ее прорастании происходит мейоз. Жизненный цикл большинства представителей тесно связан с водой. Фитофтора (*Phytophthora infestans*) – паразитирует на картофеле. Нитевидный мицелий находится в мезофилле листа, его гифы разрастаются и вызывают отмирание тканей, которое проявляется в виде буро-коричневых пятен. Гифы со спорангиеносцами выходят через устьица на поверхность листа и образуют белый налет. Зооспорангии отделяются от спорангиеносцев и, попадая на другие листья, прорастают или в новые гифы, или в зооспоры. Процесс идет особенно быстро при наличии капельной воды. Зооспорангии и зооспоры, попадая в почву, заражают клубни картофеля (Ларькина, 2012).

Класс Зигомицеты (*Zygomycetes*) объединяет около 400 видов. Среди представителей есть паразиты и сапрофиты. Мицелий неклеточный, бесполое размножение осуществляется с помощью конидий и спорангиоспор, зооспор нет. Половой процесс – зигогамия (гаметангиогамия). Мукор (*Mucor mucedo*) – сапрофит, живущий на хлебе, овощах, навозе и других органических субстратах. Имеет неклеточные сильно ветвящиеся многоядерные гифы. Бесполое размножение осуществляется при помощи спорангиоспор, образующихся в шаровидных спорангиях. Половой процесс возможен лишь при наличии рядом двух гетероталлических мицелиев. Нити их растут навстречу друг другу, концы утолщаются и, соприкасаясь, отделяют перегородками гаметангии. Стенки гаметангиев в месте соприкосновения растворяются, содержимое их сливается. Образовавшаяся зигота покрывается толстой темной оболочкой, превращаясь в зигоспору. После периода покоя она делится мейозом и прорастает в гифу со спорангием, содержащим гаплоидные споры.

Класс Сумчатые грибы – Аскомицеты (*Ascomycetes*) объединяет около 25 тысяч видов и относится к высшим грибам. От остальных классов отличается тем, что у его представителей споры образуются в сумках, или асках, появлению которых предшествует половой процесс. У большинства аскомицетов сумки образуются в особых плодовых телах, а у простейших представителей сумки лежат открыто на поверхности мицелия. Плодовые тела аскомицетов бывают трех типов: замкнутые шаровидные – клейстотеции, полузамкнутые кувшиновидные – перитеции и открытые дисковидные – апотеции.

Подкласс Голосумчатые (*Gymnoascomycetidae*), порядок Первично сумчатые (*Protoascales*), представитель пивные дрожжи – (*Saccharomyces cerevisiae*). Характеризуется отсутствием плодовых тел и гимениального слоя. Аски с 4 или 8 аскоспорами образуются половым путем при неблагоприятных условиях непосредственно в мицелии – овальной микроскопической клетке с одним ядром. Вегетативное размножение осуществляется в благоприятных условиях почкованием. Вызывают спиртовое брожение и широко применяются в пищевой промышленности (Ларькина, 2012).

Рекомендуемые разделы для дополнительного изучения: Значение грибов в биоценозе и жизни человека.

Тема 2. Ботаника семенных и цветковых растений

Семенные растения – это растения, которые образуют семя.

К семенным растениям относится два отдела: голосеменные и покрытосеменные, которые возникли в процессе эволюции от споровых растений (разноспоровых папоротников).

Общая характеристика голосеменных растений. *Голосеменные* – очень древняя группа семенных растений, появившаяся еще в девоне, около 350 млн лет тому назад. На планете господствовали в мезозойскую эру (~ 280–70 млн л. н.).

По мнению некоторых ученых, произошли от разноспоровых древнейших папоротниковидных растений.

Число видов голосеменных невелико, всего около 950–980, но распространены они по всему земному шару. В холодной зоне северного полушария они занимают огромные территории, образуя хвойные леса.

Отдел *голосеменные* включает 4 современных класса: *саговниковые* (250–290), *гнетовые* (65–70), *гинкговые* (1) и *хвойные* (590–630).

В Республике Беларусь естественно произрастают только 4 вида из *хвойных*: *сосна обыкновенная*, *ель европейская*, *пихта белая* и *можжевельник обыкновенный*. Около 100 видов интродуцированы: *сосны банкса*, *веймутова*, *черная*; *лиственницы*; *туи*; *можжевельник казацкий* и т. д.

Голосеменным характерно:

1. «Голые» *семязачатки* и *семена*, т. е. они лежат открыто на поверхности *спорофиллов* (так называются листья, на которых располагаются спорангии) или аналогичных структур и не спрятаны в завязи. В семенах только *эндосперм* (остаток мегагаметофита, гаплоидный).

2. Обычно образуют *шишки* (стробилы) – собрание спорофиллов на оси, обособленной от вегетативной части. В них развиваются спорангии и споры. Опыление осуществляется ветром (*анемофилия*).

У подавляющего большинства голосеменных стробилы однополые, т. е. состоят или только из микроспорофиллов (*микростробилы*), или только их мегаспорофиллов (*мегастробилы*).

3. Антеридии редуцированы и мужские гаметы образуются прямо на гаметофите.

4. Представлены исключительно древесными формами: деревьями, кустарниками и лианами (*эфедры*) с моноподиальным типом ветвления.

5. В анатомическом строении стебля более развита древесина (на 90–95 % состоит из *трахеид*, мало паренхимы или она вовсе отсутствует). *Ксилема* содержит только *трахеиды* (за исключением *гнетовых* – у них имеются *трахеи*). Во флоэме нет *клеток-спутниц* (вместо них – *альбуминовые клетки*, которые сходны по выполняемым функциям с клетками-спутницами, но отличаются от них происхождением).

Как кора, так и древесина многих современных хвойных содержит много *смоляных ходов*.

6. Хорошо развиты корни (главный и боковые), образуют с грибами микоризу.

7. Листья голосеменных растений сильно варьируют не только по числу и размерам, но также по морфологии и анатомическому строению. У большинства игловидные (хвоя), простые, с одной центральной жилкой; у некоторых крупные, рассеченные, похожие на вайи папоротников. В основном – вечнозеленые (*лиственница* – листопадное).

Хозяйственное значение хвойных: источник поделочной древесины; из них получают смолы, скипидар; используются при производстве бумаги; изготавливают пихтовый бальзам (из коры пихты сибирской); из древесины сосны обыкновенной получают вискозу, шелк, целлюлозу, бальзамы, смолы, камфору, спирт, уксусную кислоту, дубильные вещества; в медицине – лекарственное (концентрат витамина С, эфирное масло и т. д.); корм животным (лоси поедают хвою и молодые проростки, белки и разные птицы – семена) и др.

Общая характеристика покрытосеменных растений. *Покрытосеменные*, или *цветковые* – крупнейший отдел растительного мира, насчитывающий не менее 250 тысяч видов, превосходит по численности все остальные отделы растений, вместе взятые.

Покрытосеменные растения подразделяют на два класса: *однодольные* и *двудольные*.

Покрытосеменные произрастают во всех климатических зонах, способны существовать в самых разных экологических условиях и в современную эпоху играют решающую роль в формировании растительного покрова Земли.

Прогрессивные изменения морфологической структуры репродуктивных и вегетативных органов поставили покрытосеменные в совершенно особое положение по сравнению с прочими представителями царства растений. Перечислим их:

1. Появление цветка – уникального органа, совместившего, структуру и функции полового и бесполого размножения. Представляет собой своеобразный метаморфизированный спороносный побег.

Наиболее важная часть цветка – *пестик*, образован сросшимися плодолистиками (*макроспорофиллами*) или одним плодолистиком.

Семязачатки располагаются не открыто, как у голосеменных, а в нижней части пестика – *завязи*, которая представляет собой своего рода влажную камеру, надежно защищающую семязачатки от высыхания, перепада температур и поедания животными.

Пыльца при опылении попадает не на семязачатки, а на *рыльце* (верхняя часть пестика), которое содействует улавливанию и удержанию пыльцы (часто раздельное, перистое, липкое и т. д.), а часто и стимулирует или тормозит ее прорастание (благодаря белковому слою – *пелликуле*).

Цветки часто имеют хорошо развитый *околоцветник* (венчик и чашечку), который охраняет тычинки и пестики от повреждений (механических, температурных и т. д.) и помогает опылению, привлекая насекомых (энтомофилия), а иногда даже птиц и летучих мышей.

2. Наличие плодов.

В результате оплодотворения из завязи и других частей цветка образуются плоды. Помимо главной функции предохранения формирующихся семян от разного рода неблагоприятных воздействий внешней среды, плод очень часто играет активную роль в расселении растений (крылатки, «парашютики», прицепки и т. д.).

3. Гаметофитное поколение крайне редуцировано.

Гаметофит, потерявший самостоятельность уже у голосеменных, у покрытосеменных подвергся еще большему упрощению – вообще лишен половых органов (архегониев и антеридиев).

Спорофиты – хорошо развитые растения (деревья, кустарники, лианы и травы), которые имеют вегетативные (корни, стебли, листья) и репродуктивные (цветки, плоды) органы.

4. Двойное оплодотворение.

Заключается в том, что один из двух спермиев, образующихся в пыльцевой трубке, сливается с яйцеклеткой (оплодотворение), а другой соединяется с двумя центральными ядрами женского гаметофита (зародышевого мешка). Из оплодотворенной яйцеклетки (зиготы) образуется зародыш, а из триплоидного центрального ядра – питательная ткань *эндосперм*.

Биологический смысл двойного оплодотворения заключается в том, что этим достигается существенная экономия энергетических и пластических ресурсов, так как в отличие от голосеменных, где довольно мощный гаплоидный эндосперм развивается независимо от процесса оплодотворения, у покрытосеменных триплоидный эндосперм образуется лишь в случае оплодотворения.

5. В проводящей системе основными элементами стали *трахеи* (сосуды), что значительно ускорило движение воды и минеральных веществ.

Во флоэме ситовидные клетки (без клеток-спутниц), обычные у прочих отделов растений, заменяются *члениками* ситовидных трубок с *клетками-спутницами*.

6. Для большинства характерно симподиальное ветвление побегов.

Рекомендуемые разделы для дополнительного изучения: Строение семени. Строение цветка: Андроцей, гинецей (типы гинецея), Формула цветка. Размножения цветковых растений, сущность процесса опыления. Строение плода, типы плодов цветковых растений Систематика цветковых растений: классы, семейства (формулы цветка, тип плода).

Тема 3. Зоология беспозвоночных

Тип Porifera – Губки. Губки – самые примитивные многоклеточные животные, для которых характерны асимметрия, неподвижность и прикрепленный образ жизни. Губки – двуслойные животные. Тело губок построено из разных типов клеточных элементов. При этом возможно взаимопревращение одних типов клеток в другие. Отсутствуют нервная система и настоящие ткани. Как приспособление к прикрепленному образу жизни следует рассматривать пассивное питание путем создания тока воды, отсутствие рта и кишечника, наличие скелета, дающего опору большому многоклеточному телу и являющегося защитным образованием. Скелет служит важным систематическим признаком: по его строению и химическому составу губки делят на классы и отряды. Тело построено из клеток, образующих два слоя: пинакодерму и хоанодерму, между ними располагается мезохил (совокупность межклеточного матрикса и клеток). Внутренняя полость – спонгоцель. Выделяют три морфотипа: аскон, сикон и лейкон (рис. 8).

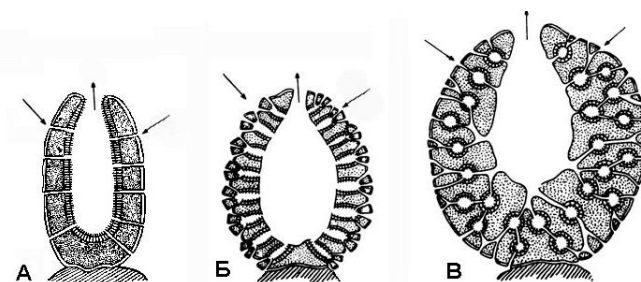


Рис. 8. Различные типы строения губок и их канальная система (Жизнь животных, 1968):

а – аскон; б – сикон; в – лейкон.

Стрелки показывают направление тока воды в теле губки

Тип Cnidaria – Стрекающие. Стрекающие (тип *Cnidaria*) радиально-симметричные животные, у которых между эктодермой и энтодермой находится прослойка – мезоглея. Характерной чертой типа является наличие книдоцитов, они располагаются в эпидермисе и гастродермисе. Нервная система диффузного типа, образована двумя сетями. Имеются настоящие органы. Для книдарий характерен жизненный цикл с чередованием двух стадий с разными способами размножения (метагенез): прикрепленная стадия (полип), размножающаяся бесполом путем, и свободно плавающая в толще воды стадия (медуза), размножающаяся половым путем. У некоторых представителей в ходе эволюции чередование поколений было утрачено (гипогенез). Деление на полипов и медуз – морфологическое. Полипы, как правило, колониальные, медузы – одиночные. По сравнению с губками у стрекающих появляются общеорганизменные функции – передвижение и питание.

Класс *Hydrozoa*. Полипы имеют просто устроенную пищеварительную систему (отсутствие четко выраженной глотки, ротовое отверстие не является постоянным образованием), малодифференцированные ткани (мышцы входят в состав эпителиально-мускульных клеток), присутствуют промежуточные клетки, из которых формируются половые и стрекательные.

Организация медуз более сложная: дифференцируются ткани, сложнее устроена пищеварительная (гастроваскулярная) и нервная система. Одними из интереснейших представителей гидроидных являются обитатели пресных водоемов гидры.

В класс *Scyphozoa* входят исключительно морские медузы, которые характеризуются хорошо развитой мезоглеей, наличием четырех карманов в желудке и энтодермальным происхождением гонад. Нервная система включает диффузное сплетение и два кольца. В отличие от гидромедуз сцифомедузы значительно крупнее и не имеют паруса.

Класс *Anthozoa* подразделяется на шестилучевых и восьмилучевых коралловых полипов. Это морские обитатели. Класс *Anthozoa* объединяет колониальных (или одиночных) коралловых полипов, которые имеют гастральную полость, поделенную радиальными перегородками (септами) на камеры. У них имеются околотротовой диск, рот с энтодермальной глоткой, сифоноглифами, в гастральной полости располагаются мезентериальные нити с железистыми клетками. Гонады энтодермальные.

Тип *Plathelminthes* – Плоские черви.

Класс *Trematoda* – Сосальщикообразные.

Подкласс *Digenea* – Дигенетические сосальщикообразные (двуустки).

Fasciola hepatica – Печеночный сосальщик.

Opisthorchis felineus – Кошачья, или сибирская двуустка.

Плоские черви – наиболее примитивная группа из всех червей. По ряду признаков они близки к низшим *Metazoa*. В то же время для них характерен ряд прогрессивных черт, что позволило отнести их к разделу *Bilateria*.

Для плоских червей характерен ряд особенностей, выделяющий их в самостоятельную группу:

1. Симметрия тела билатеральная (*Bilateria*), т. е. через тело можно провести одну плоскость симметрии. Тело уплощено в дорсовентральном (спинно-брюшном) направлении. В отличие от низших *Metazoa*, в процессе эмбриогенеза тело формируется за счет трех зародышевых листков: экто-, мезо-, энтодермы.

2. Полость тела заполнена клетками и их отростками, образующими паренхиму.

3. Имеется кожно-мышечный мешок – совокупность покровов и залегающих под ними мышечных слоев. Покровы либо ресничный эпителий (кл. *Turbellaria*), либо погруженный синцитиальный эпителий – тегумент (остальные *Plathelminthes*). Покровы подстилает базальная пластинка, под которой располагаются мышечные слои. Состав слоев в разных классах различен – наружные и внутренние кольцевые, продольные, диагональные, дорсовентральные мышцы.

4. Пищеварительная система неполная (признак примитивности). Передняя кишка (эктодермальная) представлена мускулистой глоткой. Средняя кишка (энтодермальная) слепо. Задней кишки и анального отверстия нет, непереваренные частицы пищи выбрасываются через ротовое отверстие. У паразитических форм пищеварительная система может редуцироваться.

5. Выделительная система протонефридиального типа. Протонефридии эктодермального происхождения.

6. Кровеносная и дыхательная системы отсутствуют.

7. Нервная система ортогонального типа состоит из головного ганглия, продольных нервных стволов и соединяющих их кольцевых комиссур.

8. Половая система – гермафродитная. Оплодотворение внутреннее перекрестное.

9. Развитие как прямое (большинство *Turbellaria*), так и с метаморфозом.

Сосальщикообразные – класс паразитических плоских червей, насчитывающий около 4000 видов. Являются паразитами внутренних органов позвоночных животных. От остальных плоских червей трематоды отличаются в первую очередь своим сложным жизненным циклом, про-

текающим по типу гетерогонии. В отличие от метагенеза, при котором происходит чередование поколений, размножающихся половым и бесполом путем, в таком цикле правильно чередуются поколения, различающиеся по формам полового размножения. В случае с сосальщиками происходит чередование гермафродитного и партеногенетических поколений.

Половозрелые гермафродитные особи (мариты) паразитируют во внутренних органах позвоночных животных – этот хозяин называется окончательным. В нем мариты продуцируют оплодотворенные яйца. Остальные поколения (чаще всего 2) размножаются в промежуточных хозяевах партеногенетически (без оплодотворения). У большинства трематод первым промежуточным хозяином выступает моллюск, вторым различные беспозвоночные или позвоночные животные. В жизненном цикле большинства представителей обязательно присутствует свободноживущая стадия. Взрослые двуустки всегда характеризуются наличием двух присосок – ротовой и брюшной. Размеры обычно колеблются от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров.

Класс *Cestoda* – Цестоды, или ленточные черви.

Отряд *Cyclophyllidea*.

Taeniarhynchus saginatus – Бычий (невооруженный) цепень.

Taenia solium – свиной (вооруженный) цепень.

Отряд *Pseudophyllidea*.

Diphyllobothrium latum – Широкий лентец.

Ленточные черви – специализированные эндопаразиты, развивающиеся со сменой хозяев. Их окончательными хозяевами являются позвоночные животные, а промежуточными могут быть беспозвоночные и позвоночные животные. Взрослые стадии обитают в кишечнике окончательного хозяина, а личиночные фазы развиваются в тканях внутренних органов промежуточных хозяев.

Всего известно более 3 тыс. видов цестод, среди которых немало опасных паразитов человека и домашних животных. Характерной особенностью ленточных червей является вытянутое тело (от нескольких миллиметров до 10 метров), состоящее из члеников. У некоторых видов тело не расчленено. Тело начинается головкой или сколексом, несущим органы прикрепления – присоски, крючки, хоботки, ботрии. За сколексом идет шейка, на конце которой находится зона роста, ответственная за продуцирование новых члеников. Членик ленточного червя носит название – пролоттида, комплекс пролоттид, образующих тело, называется стробилой. Ближе к шейке находятся молодые – незрелые членики, ближе к концу стробилы – зрелые. У многих цестод самые старые (перезрелые) членики отрываются от стробилы. У таких видов состав стробилы постоянно меняется за счет того, что на переднем конце (за шейкой) очень долго образуются все новые и новые членики, тогда как на заднем конце членики, завершившие свое развитие, отделяются. У других видов состав стробилы может быть относительно постоянным. В этом случае формирование члеников на заднем конце шейки осуществляется только в течение непродолжительного периода в самом начале развития червя.

Тело червей покрыто тегументом, состоящим из наружного цитоплазматического слоя клеток, которые имеют вытянутую форму, благодаря которой ядра находятся в погруженном слое. Наружный 96 слой тегумента подстилает мембрана, под которой располагаются кольцевые и продольные мышцы. Как и у других плоских червей, у ленточных имеются пучки дорсовентральных мышц.

Другой особенностью лентецов является отсутствие пищеварительной системы на всех стадиях жизненного цикла. Подобное явление связано с приспособлением к паразитизму, переход к которому произошел раньше, чем у сосальщиков, в связи с чем у последних пищеварительная система имеется. Лентецы живут в просвете кишечника, где пищевая масса находится в доступном переваренном состоянии, ее всасывание идет всей поверхностью тела, для этого тегумент снабжен многочисленными выростами – микротрихиями. Помимо ворсинок, участвующих в сорбции пищевых веществ (трофических микротрихий), имеются ворсинки с заостренными зубчиками – прикрепительные микротрихии. Нервная система ортогональна.

В сколексе имеется парный ганглий, от которого отходит несколько пар нервных тяжей. Наиболее развиты два боковых ствола.

В коже червей располагаются осязательные и рецепторные клетки. Половая система червей гермафродитная и повторяется в каждом членике. У видов с нерасчлененным телом может быть одиночный половой аппарат или метамерный ряд половых аппаратов. У цестод небольших размеров оплодотворение перекрестное. Крупные формы (солитеры) встречаются в кишечнике хозяина поодиночке, что делает перекрестное оплодотворение невозможным. При половом размножении у них происходит копуляция разных члеников одной особи. Самооплодотворение в пределах одного членика очень редко. Плодовитость цестод чрезвычайно велика, например, бычий солитер в год продуцирует около 600 млн яиц, а за всю жизнь (18–20 лет) он может производить около 11 млрд яиц. Наряду с отсутствием пищеварительной системы, другим приспособлением к паразитизму является высокая плодовитость.

Лентец способен за год отложить до 600 млн яиц. Развитие с одним или двумя промежуточными хозяевами. Более древние (архаичные) формы сохранили свободноживущую стадию и связь с водой, такие формы имеют двух промежуточных хозяев (отр. *Pseudophyllidea*). Более специализированные формы (отр. *Cyclophyllidea*) утратили связь с водой, лишились свободноживущей стадии и имеют одного промежуточного хозяина.

Тип *Nemathelminthes* – Первичнополостные черви. Первичнополостные черви обладают вполне развитой полостью тела не имеющей собственных стенок (первичная полость тела), этим они значительно отличаются от предыдущего типа – Плоские черви. Другим важным отличием является полная пищеварительная система. Система типа в настоящее время не устоялась, в частности, на основании последних исследований предлагается выделять группу Первичнополостных червей, а ранее входящие в тип классы рассматривать как самостоятельные типы. Класс *Nematoda* входит в тип Первичнополостных червей, а класс колувратки относятся к отдельному типу.

Класс *Nematoda* – Нематоды.

Подкласс *Rhabditia*.

Отряд *Ascaridida*.

Ascaris sp. – Аскарида.

Подкласс *Eupolia*.

Отряд *Trichocephalida*.

Trichinella spiralis – Трихина.

Нематоды – весьма многочисленный и разнообразный класс. Нематоды освоили практически все среды обитания. Среди них встречаются как свободноживущие виды (почвенные, морские и пресноводные), так и паразитические. Последние паразитируют у животных (беспозвоночных и позвоночных), большая группа нематод является паразитами растений. Нематоды обладают рядом характерных черт строения, позволившим им освоить такие разнообразные среды обитания:

1. Покровы представлены прочной многослойной кутикулой с подстилающей ее гиподермой. Гиподерма имеет либо клеточное строение, либо представляет собой синцитий. Гиподерма образует четыре выпячивания – валики гиподермы.

2. Мускулатура представлена только слоем продольных мышц, разбитым валиками гиподермы на четыре ленты.

3. Постоянный клеточный состав.

4. Полость тела у большинства первичная, заполненная полостной жидкостью, играющей роль гидроскелета. Мелкие формы лишены полости.

5. Пищеварительная система полная, наряду с передней (эктодермальной) и средней (энтодермальной) кишками появляется задняя (эктодермальная) кишка и анальное отверстие. Ротовое отверстие окружено губами.

6. Нервная система, как и у плоских червей – ортогон. Наиболее сильно развиты два основных продольных нервных ствола – дорсальный и вентральный.

8. Кровеносная и дыхательная системы, как и плоских червей, отсутствуют.

9. Нематоды лишены каких-либо ресничных образований, поэтому органы выделения представлены не протонефридиями (основу которых составляют звездчатые клетки с мерцательным пламенем), как у плоских червей, а кожными железами и фагоцитарными клетками.

10. Нематоды, как правило, раздельнополы, зачастую с хорошо выраженным половым диморфизмом. Женская половая система парная, мужская – непарная. Мужская половая система не имеет собственного отверстия и открывается в задний отдел кишечника – клоаку. Размножение только половое. Для некоторых видов отмечено яйцеживорождение.

11. Развитие нематод сопровождается метаморфозом, часть паразитических нематод развивается со сменой хозяев, другие – без смены хозяев (часто со сложной миграцией по телу хозяина). У большинства паразитических видов развитие проходит с участием внешней среды (яйца, свободноживущие личинки). У *Trichinella* – развитие без участия внешней среды, при этом один и тот же хозяин сначала является окончательным (кишечная стадия), а затем промежуточным (мышечная стадия).

Тип *Annelida* – Кольчецы.

Надкласс *Clitellata* – Поясковые.

Класс *Oligochaeta* – Малощетинковые.

Семейство *Lumbricidae* – Дождевые черви.

Кольчатые черви претерпели значительные изменения прогрессивного характера по сравнению с низшими червями. Главной особенностью кольчатых червей, позволившей включить этих животных в подраздел *Coelomata*, является появление вторичной полости тела – целома. У кольчецов имеется ряд других особенностей, часть из которых наблюдается как у *Trochozoa*, так и других представителей *Coelomata*:

1. Тело аннелид вытянутое, цилиндрическое, слегка сплющенное в дорсо-вентральном направлении. У *Hirudinea* тело может быть сильно уплощено. Головной отдел состоит из головной лопасти – простомиума и следующего сегмента, несущего ротовое отверстие – перистомиума (по своей природе он состоит из 2–3 слившихся передних сегментов). Далее идет гомономно сегментированное (состоящее из одинаковых сегментов) туловище. Заканчивается тело анальной лопастью – пигидием, несущим анальное отверстие. Подобное строение позволяет выделять у аннелид дополнительный тип симметрии – метамерный, схожий с таковым у *Cestoda*. Метамерность наблюдается и в строении внутренних органов. У поясковых кольчецов (*Clitellata*) в передней трети тела ряд сегментов утолщен (поясок) и несет многочисленные кожные железы.

2. Практически каждый отдел и сегменты тела несут различные придатки. Особенно хорошо они представлены у *Polychaeta* – на головном отделе палпы, антенны и усики – органы осязания; глаза – органы зрения; затылочные обонятельные ямки – органы обоняния. Для туловищных сегментов *Polychaeta* характерны парные боковые выросты – параподии (примитивные конечности), служащие для передвижения. Каждая ветвь параподии содержит пучок щетинок (часто очень крупных). У *Clitellata* (*Oligochaeta* и *Hirudinea*) придатки зачастую не выражены, параподии отсутствуют, щетинки мелкие и малочисленные, но опорные щетинки параподий, несмотря на их небольшие размеры, имеются.

3. Кожно-мышечный мешок *Annelida* состоит из однослойного эпителия, содержащего кожные железы. Эпителий выделяет на своей поверхности очень тонкую эластичную кутикулу, местами эпителий может быть мерцательным. Под эпителием расположены два мышечных слоя – наружный кольцевой и внутренний продольный (более мощный). У более прогрессивных форм слой продольной мускулатуры разбит на четыре продольные ленты. Внутренняя сторона слоя продольных мышц выстлана однослойным эпителием мезодермального происхождения – целотелием. У *Hirudinea* имеются дополнительные дорсовентральные мышцы.

4. Полость тела кольчецов вторичная, или целом. Целом имеет собственные стенки, представленные перитонеальным эпителием (целотелием). Целом не сплошной, на границе

между сегментами перитонеальный эпителий образует перегородку – диссепимент. Кроме того, в каждом сегменте целом может быть поделен на два отдела продольными перегородками (спинной и брюшной) – брыжейками (мезентериями). У *Oligochaeta* спинной мезентерий отсутствует. Целом заполнен водянистой целомической жидкостью. У *Hirudinea* целом в большинстве случаев редуцируется, пространства между органами заполняются паренхимой, а остатки целома представлены лакунарными сосудами.

5. Пищеварительная система полная, состоящая из трех отделов. У разных групп аннелид пищеварительная система имеет ряд характерных особенностей. У некоторых форм (низшие полихет, пиявки) кутикула глотки образует местные утолщения – хитиноидные зубы. У *Oligochaeta* средняя кишка имеет дорсальное впячивание – тифлозоль, служащий для увеличения всасывающей поверхности кишки. У кровососущих пиявок средняя кишка преобразована в желудок с парными выростами по бокам для хранения крови.

6. У кольчатых червей имеется кровеносная система. Из низших червей кровеносная система имела только у *Nemertini*. Кровеносная система кольцецов замкнутого типа, представлена двумя главными продольными сосудами – спинным и брюшным. Оба сосуда сообщаются мелкими сосудами, лакунами и кольцевыми сосудами. Кольцевые сосуды расположены метамерно. Кроме крупных сосудов имеется густая сеть капилляров. Кровь движется благодаря сокращению спинного сосуда и некоторых кольцевых сосудов (кольцевых сердец). У части *Hirudinea* с редукцией целома происходит замещение кровеносной системы лакунарной. Отсутствует кровеносная система и у всех низших (олигомерных) кольцецов.

7. Дыхание аннелид разнообразно: дыхание всей поверхностью тела (кожное дыхание); у *Polychaeta*, помимо кожного дыхания, имеются специальные органы – жабры (выросты параподий или придатков головы); некоторые морские пиявки также имеют кожные жабры.

8. Выделительная система аннелид представлена нефридиями. Нефридии, как и протонефридии, эктодермального происхождения. Обычно нефридии залегают метамерно в каждом сегменте туловища по бокам от кишечника, поэтому нефридии также называют сегментарными органами. Нефридии разных аннелид имеют разную природу, это могут быть протонефридии (у низших форм), метанефридии, нефромиксии (продукт слияния протонефридия и целомодукта). В выделении участвуют и хлорогеновые клетки, работающие по принципу почек накопления, располагаются они на кровеносных сосудах и вокруг среднего кишечника. У пиявок имеется аналог хлорогеновых клеток – ботрибидная ткань.

9. Нервная система кольцецов имеет принципиально иное строение, нежели у низших червей. Типичная центральная нервная система состоит из парных мозговых ганглиев, двух окологлоточных коннективов, парных брюшных нервных стволов с расположенными на них посегментно (метамерно) парных ганглиев, соединенных комиссурой, и имеет вид брюшной нервной лестницы. В процессе эволюции брюшные стволы и ганглии сблизилась, и нервная система приобрела вид брюшной нервной цепочки. От центральной нервной системы отходят многочисленные нервы.

10. Органы чувств у аннелид развиты по-разному, но лучше всего у бродячих полихет. Имеются органы осязания, обоняния, редко встречаются органы чувства равновесия (у сидячих полихет). Органы зрения неинвентированного типа хорошо развиты также у *Polychaeta*. *Oligochaeta* имеют кожные светочувствительные клетки. *Hirudinea* обладают специальными бокаловидными органами чувств, часть из которых несет светочувствительную функцию.

11. Половая система аннелид различна. Большинство *Aclitellata* раздельнополы, оплодотворение обычно наружное, *Clitellata* – гермафродиты, оплодотворение происходит в конце (*Oligochaeta*), либо внутреннее (*Hirudinea*). Дробление яйца полное, спиральное, детерминированное, т. е. уже на ранних стадиях дальнейшее развитие каждого бластомера точно определено. Развитие либо с метаморфозом (*Polychaeta*), либо прямое (*Oligochaeta*, *Hirudinea*). При развитии с метаморфозом образуется личинка – трохофора. Трохофора испытывает дальнейший метаморфоз с образованием метатрохофоры, в дальнейшем из нее развивается взрослая особь. Для некоторых *Polychaeta* в жизненном цикле характерно чередование полового и бесполого размножения.

Тип Кольчатые черви включает в себя надкласс Беспоясковые (*Aclitellata*) с классами Первичные кольцецы (*Archiannelida*) и Многощетинковые черви (*Polychaeta*) и надкласс Поясковые (*Clitellata*) с классами Малощетинковые черви (*Oligochaeta*) и Пиявки (*Hirudinea*).

Тип *Arthropoda* – Членистоногие. Членистоногие самый большой по числу видов тип среди всех животных. Морфофункциональное разнообразие его представителей столь же огромно. Строение членистоногих имеет ряд общих черт, позволивших им заселить самые разнообразные среды и достичь современного разнообразия:

1. Тело членистоногих, как и у *Annelida*, состоит из сегментов, но в отличие кольцецов членистоногие обладают гетерономной сегментацией. Сегменты схожие морфологически и функционально объединены в более крупные образования – тагмы (голова, грудь, головогрудь, брюшко). Наиболее постоянная из всех тагм – это голова, состоящая из акрона и четырех сегментов. Сегментарный состав других тагм сильно варьирует в разных группах членистоногих.

2. На каждом сегменте исходно имеется по одной паре членистых конечностей, являющихся производными параподий кольцецов. Брюшные конечности чаще всего полностью редуцируются, либо преобразуются в другие структуры. Конечности, расположенные в разных тагмах, выполняют разные функции – прием пищи, передвижение, дыхание, органы чувств, половые придатки и т. д.

3. Отличительной особенностью членистоногих является наличие жестких нерастяжимых покровов – хитиновой кутикулы, выполняющей роль наружного скелета. Кутикула наземных членистоногих состоит из трех слоев, у первичноводных – из двух. Из-за своей нерастяжимости, кутикула препятствует непрерывному росту, поэтому рост членистоногих сопровождается линьками.

4. Сплошного кожно-мышечного мешка нет. Мускулатура представлена отдельными пучками поперечно-полосатых мышц. Мускулатура разбита на функциональные группы, выполняющие определенные функции. Наиболее развиты локомоторные (отвечающие за передвижение) мышцы.

5. Членистоногие относятся ко вторичнополостным животным, но в процессе эмбриогенеза происходит слияние первичной полости тела с целомом, с образованием смешанной полости – миксоцеля. Полостная жидкость представлена гемолимфой. Полость тела не сплошная, а разделена двумя диафрагмами на синусы: перикардальный (верхний), висцеральный (средний), перинеуральный (нижний). Остатки целома сохраняются в гонадах и почках.

6. Пищеварительная система полная. В разных группах членистоногих пищеварительная система может иметь свои особенности.

7. Основные органы выделения членистоногих – это видоизмененные целомодукты (протоки целома, открывающиеся наружу) и мальпигиевы сосуды (новообразование, встречающееся только у наземных артропод). Имеются и дополнительные органы выделения.

8. Для первичноводных артропод характерно жаберное дыхание. Наземные дышат либо легкими, либо трахеями. У мелких форм специализированные органы дыхания могут отсутствовать, в этом случае дыхание осуществляется всей поверхностью тела.

9. Кровеносная система незамкнутая. Самый крупный кровеносный сосуд – спинной, преобразованный в состоящее из камер сердце. Из сосудов гемолимфа изливается в синусы миксоцеля. Часто наблюдается обратная зависимость в развитии кровеносной и дыхательной систем. У мелких форм, дышащих всей поверхностью тела, кровеносная система редуцируется вплоть до полного исчезновения.

10. Нервная система состоит из надглоточных ганглиев, образующих головной мозг (в исходном состоянии имеет три отдела – прото-, дейто- и тритоцеребрум), окологлоточных коннектив и брюшной нервной цепочки. В примитивном состоянии брюшная нервная система имеет вид лестницы.

11. Органы чувств развиты очень хорошо и представлены органами зрения (простые и сложные глаза), хеморецепции (обоняния, вкуса), слуха, равновесия, осязания.

12. Членистоногие размножаются только половым путем, половые железы парные. В основном членистоногие раздельнополые, очень редко встречается гермафродитизм. В способах

оплодотворения наблюдается переход от наружного через наружно-внутреннее к внутреннему оплодотворению по типу копуляции. Развитие прямое или с метаморфозом.

13. Для всех артропод во внешнем и внутреннем строении наблюдаются процессы олигомеризации – уменьшение количества члеников тела, концентрация нервной цепочки со слиянием ганглиев, укорочение сердца и т. д. Тип *Arthropoda* делится на четыре подтипа – *Trilobitomorpha* (Трилобитообразные), *Branchiata* (Жабродышащие), *Chelicerata* (Хелицеро-вые), *Tracheata* (Трахейные или Трахейнодышащие).

Тип *Echinodermata* – Иглокожие.

Класс *Asteroidea* – морские звезды.

Класс *Echinoidea* – морские ежи.

Вторичноротые представляют собой особую филогенетическую ветвь целомических животных, к ней, кроме типа Иглокожих, относятся также типы Полухордовых и Хордовых. Общие черты организации для всех вторичноротых: 1. Кожа двуслойная и состоит из эктодермального эпителия и соединительнотканного слоя (кутиса) мезодермального происхождения. 2. Известковый скелет мезодермального происхождения и образуется в соединительнотканном слое кожи. 3. В эмбриогенезе рот закладывается независимо от первичного рта (вторично), а на месте первичного рта образуется анус. 4. Мезодерма закладывается энтероцельно из первичной кишки. Иглокожие – это морские животные, ведущие прикрепленный или малоподвижный образ жизни. В настоящее время известно около 6 тыс. видов:

1. Форма тела разнообразна и являет собой сочетание билатеральной и радиальной симметрии. Тело состоит из радиальных секторов, число которых обычно кратно пяти. Но через их тело можно провести только одну плоскость симметрии, проходящую через рот, анус и особую madreporovую пластинку. На теле различают оральную и аборальную стороны. Большинство иглокожих ползают по дну оральной стороной. Голотурии имеют передний и задний концы тела, червеобразны и имеют преимущественно билатеральную симметрию.

2. Стенка тела состоит из поверхностного ресничного эпителия, лежащего под ним соединительнотканного слоя кожи со скелетными элементами, мышц и подстилающего целомического эпителия. В наружном слое кожи кроме эпителиальных, имеются пигментные, железистые и чувствующие клетки.

3. Скелет внутренний. У представителей разных классов иглокожих скелет развит по-разному. У морских звезд скелет лучше развит на оральном полюсе в виде амбулакральных пластинок, на аборальном полюсе выделяется madreporovая пластинка. У Морских ежей скелет развит лучше других иглокожих, у них имеется сплошной панцирь с двумя отверстиями у рта и порошицы. Слабее всех скелет развит у голотурий.

4. Вторичная полость тела представлена целомом, который на ранних этапах эмбриогенеза закладывается в виде трех пар целомических мешков. К производным целома относятся: внутренняя полость тела, амбулакральная и псевдогемальная системы, половой синус и полость гонад.

5. Амбулакральная система обеспечивает гидравлическое движение иглокожих на амбулакральных ножках, которые также служат для дыхания и подачи пищи ко рту. Псевдогемальная система обеспечивает транспорт питательных веществ к нервной системе и нервным клеткам.

6. В состав пищеварительной системы может входить желудок (звезды), либо кишечник без расширений и уложен петлями (ежи). У звезд хорошо развиты печеночные придатки. У офиур задняя кишка редуцирована. У ежей развит особый орган для соскабливания пищи – аристотелев фонарь. Пищеварение – сочетание полостного и внутриклеточного.

7. Кровеносная система лакунарная слабо развита.

8. Дыхание кожное, осуществляется при помощи кожных жабр, амбулакральных ножек и щупалец.

9. Специальных органов выделения нет: особые клетки амебоциты, продуцируемые железой осевого органа, поглощают экскрететы из целома и удаляют их через кожу.

10. Нервная система примитивна и представлена тремя отделами, каждый из которых состоит из нервного кольца и отходящих от него радиальных нервных стволов.

11. Большинство представителей раздельнополы. Оплодотворение наружное. Развитие с метаморфозом. Личинка – диплэврула с двусторонней симметрией, в процессе метаморфоза диплэврула превращается в другие стадии характерные для разных классов.

Тема 4. Зоология позвоночных

Тип *Chordata* – Хордовые. Общая характеристика. Хордовые объединяет животных, весьма разнообразных по внешнему виду, образу жизни и условиям обитания. Представители хордовых встречаются во всех основных средах жизни: в воде, на поверхности суши, в толще почвы и, наконец, в воздухе. Географически они распространены по всему земному шару. Общее число видов современных хордовых равно примерно 40 тыс. В тип Хордовые входят примитивные по строению оболочники, бесчерепные (ланцетники), круглоротые (миноги и миксины), рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие. Их отличает наличие внутреннего осевого скелета, основу которого составляет плотный, упругий и эластичный спинной тяж – хорда. Она образуется у всех хордовых на ранних стадиях развития их зародышей (у низших хордовых она сохраняется всю жизнь, у высших – есть только у зародышей, у взрослых заменяется позвонком). Хордовым свойственна двусторонняя симметрия тела. Пищеварительная система представлена ротовой полостью, глоткой, всегда связанной с органами дыхания, пищеводом, желудком, тонким и толстым кишечником, пищеварительными железами – печенью и поджелудочной железой, которые развиваются из стенки переднего отдела кишечника. В процессе эволюции хордовых длина пищеварительного тракта увеличивается, он становится более дифференцированным на отделы. Дыхательная система образована жабрами (у рыб, личинок амфибий) или легкими (у наземных позвоночных). Дополнительным органом дыхания у многих служит кожа. Жаберный аппарат сообщается с глоткой. У рыб и некоторых других животных он образован жаберными дугами, на которых расположены жаберные лепестки. Легкие в ходе эмбрионального развития формируются из выростов кишечника и имеют энтодермальное происхождение. Кровеносная система замкнутая. Сердце состоит из двух, трех или четырех камер. Кровь поступает в предсердия, а направляется в кровеносное русло желудочками. Кругов кровообращения один (у рыб и личинок земноводных) или два (у всех остальных классов). Сердце рыб, личинок амфибий – двухкамерное. У взрослых амфибий и рептилий сердце трехкамерное. Однако у рептилий появляется неполная межжелудочковая перегородка. Рыбы, амфибии и пресмыкающиеся холоднокровные животные. У птиц и млекопитающих четырехкамерное сердце. Это теплокровные животные. Кровеносные сосуды делятся на артерии, вены и капилляры. Нервная система эктодермального происхождения. Закладывается в виде полый трубки на спинной стороне зародыша (Зоология позвоночных..., 2016).

Центральная нервная система образована головным и спинным мозгом. Периферическая нервная система образована черепномозговыми и спинномозговыми нервами и взаимосвязанными нервными узлами, лежащими вдоль позвоночного столба. Спинной мозг представляет собой длинный тяж, лежащий в спинномозговом канале. От спинного мозга отходят спинномозговые нервы. Органы чувств хорошо развиты. У первичноводных животных есть органы боковой линии, воспринимающие давление, направление движения, скорость течения воды. Органы выделения у всех позвоночных представлены почками. Строение и механизм функционирования почек изменяется в процессе эволюции. Органы размножения. Позвоночные раздельнополы. Половые железы парные и развиваются из мезодермы. Половые протоки связаны с выделительными органами (Практикум по зоологии..., 2019).

Дополнительно к изучению темы: «Систематика типа Хордовые. Происхождение Хордовых животных».

Подтип *Acrania* – Бесчерепные. Немногочисленная группа примитивных морских хордовых животных, у которых все признаки типа сохраняются пожизненно. Подтип включает один класс Головохордовые (*Cephalochordata*). Обитают в умеренных и теплых морях Атлантического, Индийского и Тихого океанов, реже встречаются в Черном и Японском морях при температуре воды от 17 °С до 30 °С и солености 20–30 ‰ (Наумов, Карташев, 1979). Все питаются представителями диатомовых водорослей, детритом и фитопланктоном. Размножаются в теплое время года – с конца мая до начала августа. Оплодотворение наружное: самцы и самки одновременно выделяют в воду половые продукты (Дрофеев, 2009).

Дополнительно к изучению темы: «Особенности внешнего и внутреннего строения класса Головохордовые в связи с образом жизни».

Подтип *Tunicata* – Оболочники. Оболочники являются тупой боковой ветвью типа хордовых, сильно уклонившуюся по особенностям организации и образа жизни от типичных представителей. Это морские, одиночные или колониальные животные, ведущие сидячий или малоподвижный образ жизни. Признаки хордовых несут только свободноплавающие личинки. У взрослых же наблюдается упрощение организации (регрессивный метаморфоз). Большинство представителей имеет мешковидную или бочонковидную форму тела. Питаются пассивно, путем фильтрации воды. Размножаются как половым, так и бесполом путем.

Подтип представлен 3 классами: Асцидии (*Ascidiae*), Сальпы (*Salpae*) и аппендикулярии (*Appendiculariae*) (Наумов, Карташев, 1979; Дрофеев, 2009).

Дополнительно к изучению темы: «Особенности внешнего и внутреннего строения классов: Асцидии, Сальпы и Аппендикулярии в связи с образом жизни».

Подтип *Vertebrata* – Позвоночные. Это животные. Для которых характерен более высокий уровень организации по сравнению с бесчерепными и оболочниками, сопровождающийся существенным увеличением подвижности. Они не питаются пассивно, а активно двигаясь, разыскивая пищу, которую захватывают ротовыми органами. Их более высокая организация выражается, в первую очередь, в совершенных органах чувств и органах передвижения, а также высокоразвитом головном мозге, воспринимающем раздражения от органов чувств и регулирующем сложные реакции всего тела. Происходит развитие черепа, состоящего из двух отделов: мозговой коробки, защищающей головной мозг, органы чувств и висцерального отдела, в котором формируются челюсти, являющиеся органами захвата и расчленения пищи. Впервые появляются парные конечности и их пояса. Хорда уже замещается позвонками, верхние дуги которых образуют спинномозговой канал (защита для спинного мозга), а к нижним дугам крепятся ребра, защищающие внутренние органы.

Позвоночные появились на рубеже ордовика и силура, а в юре уже существовали представители всех известных классов. Они заселили почти все биотопы суши и Мировой океан. Общее число современных видов около 42 тыс.

Подтип позвоночные включает в себя два раздела: Бесчелюстные с одним ныне живущим надклассом Круглоротые; и Челюстноротые, объединяющий два надкласса Рыбы (классы: Хрящевые и Костные рыбы) и Четвероногие (классы: Земноводные, пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие) (Наумов, Карташев, 1979).

Челюстноротых позвоночных подразделяют на две группы, не имеющие систематического ранга: первичноводные – анамнии (рыбы и земноводные) и первичноназемные – амниоты (пресмыкающиеся. Птицы и млекопитающие).

Среди современных позвоночных выделяют пойкилотермных (холоднокровных) позвоночных – круглоротые, рыбы, амфибии и рептилии и гомойотермных (теплокровных) позвоночных – птиц и млекопитающих (Дрофеев, 2009).

Рекомендуемые разделы для дополнительного изучения: Особенности внешнего и внутреннего строения надклассов: Круглоротые, Рыбы. Строения класса Земноводные в связи с выходом на сушу. Ароморфозы классов: Пресмыкающиеся, Птицы и Млекопитающие. Географическое распространение животных и значение в биоценозах и для человека.

МОДУЛЬ II АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ И СИТИФЕРМЕРСТВО

Раздел I ГИДРОПОННЫЙ МЕТОД ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ

Гидропонный метод выращивания растений – это способ выращивания растений, основанный на замене почвы искусственными субстратами различного происхождения. Питание растения получают из влажно-воздушной, сильно аэрируемой водной, или твердой, но пористой, влаго- и воздухоемкой среды, которая способствует дыханию корней, и требует сравнительно частого полива рабочим раствором минеральных солей, приготовленным по потребностям этого растения. В качестве заменителей часто выступают органические (кокосовая стружка, сено, торф и т. д.) и неорганические субстраты (гравий, щебень, минеральные ваты и т. д.), основным отличием является отсутствие питательного и минерального значения для растений (Tigrík, 2011).

Выращивание гидропонным способом пищевых культур растений имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционным методом, основанным на выращивании культур в грунте:

- возможность культивирования растений без применения почвы, что исключает присутствие патогенной почвенной микрофлоры и вредителей;
- использование малых площадей для непрерывного культивирования (круглый год) на севере пищевых культур растений в широком ассортименте;
- возможность долговечно использовать гидропонные системы;
- полученные растения отличаются высокими темпами роста, быстрее вступают в фазу цветения и плодоношения;
- выращенная продукция содержит повышенную концентрацию питательных веществ (органических кислот, витаминов и пр.);
- возможность регулировать содержание нитратов в получаемой продукции, понижая его до минеральных значений;
- получение гораздо большего урожая, чем выращивание в почве.

Таким образом, можно выращивать растения круглый год вне зависимости от сезона, а процесс выращивания растения является более чистым, так как не используется грунт. У растения нет необходимости наращивать мощную корневую систему – оно все свои силы тратит на развитие надземной части и благодаря этому растет быстрее и дает большие урожаи, так как питательные вещества поступают непосредственно к корням (Федоренко, 2019).

Тема 1. Типы гидропонных систем

Все гидропонные системы подразделяются на две группы: «пассивные» и «активные». В пассивных системах питательный раствор не подвергается механическому воздействию, а движется к корневой системе за счет капиллярных сил, такой тип получил название – фитильные.

Подача питательного раствора в «Активных» системах в большинстве происходит за счет дополнительных приспособлений, помимо этого очень часто специально производится аэрация раствора.

Каждый год прибавляется множество модификаций и гибридов гидропонных систем, однако это все разновидности шести основных систем:

1. Фитильные системы. Данная система является самой простой и не затратной по ресурсам, растение высаживается в субстрат, и раствор с питательными веществами доставляется к корням за счет действия капиллярных сил капиллярного мата или фитиля. В данной системе подача питательного раствора происходит медленно и потому не подойдет для быстрорастущих растений, так как минеральные соли, находящиеся в растворе, быстро осаждаются на мате или фитиле, высыхают и блокируют капиллярный эффект. Помимо этого, данный метод не предусматривает полную автоматизацию, так как нуждается в регулярном обслуживании (рис. 9).

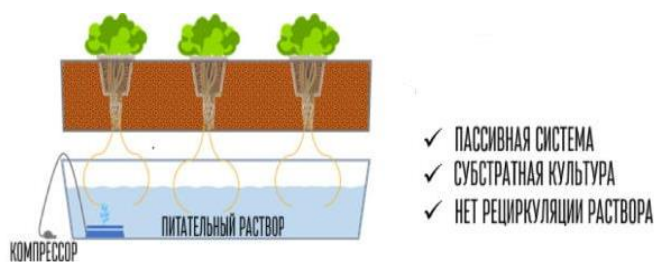


Рис. 9. Фитильная гидропонная система

2. Система глубоководных культур. Система глубоководных культур или DWC (Deep Water Culture), данный вид гидропонных систем состоит из бака и аэратора воды. Из-за того, что корни полностью погружены в водный раствор, увеличивается пространство для их роста, что благотворно влияет на скорость всех ростовых процессов в растении. Существуют и минусы данных систем, одним из них является нехватка кислорода и минеральных веществ в отдельных областях емкости, другой минус – это малый объем производства продукции. К данному методу так же относят плавающие платформы, которые являются продолжением идеи без субстратных установок. Система представлена в виде бассейна с минеральным раствором, по поверхности которого плавают пенопластовые платформы с растениями в них. Преимущество состоит в том, что раствор с добавлением воды и удобрений для баланса, можно использовать несколько сезонов, а производство продукции становится потоковым, однако такая методика использует крайне много воды, из-за своих объемов (рис. 10).

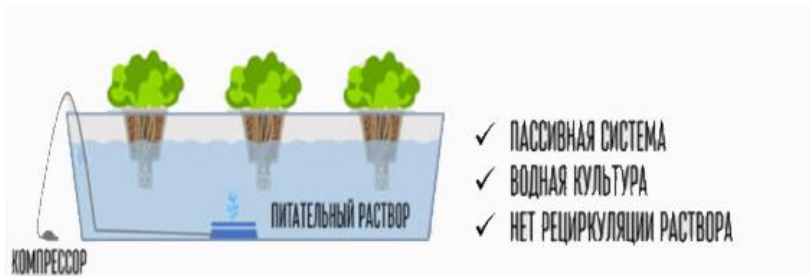


Рис. 10. Система глубоководных культур

3. Система периодического затопления. Впервые в истории такую систему в промышленных масштабах применили Алиса и Роберт Уитроу в Университете Пардю. Сущность данного метода состоит в ание растения получают путем периодического подтопления питательным раствором, который подается при помощи насоса. Через некоторое время раствор сливается в емкость, где хранится до следующего цикла, попутно обогащаясь воздухом без специальных приспособлений. Такой метод отличает от систем глубоководных культур меньшим потреблением воды, за счет уменьшения испарения, к тому же становится возможным блочное строение установок, но главный упор становится в выборе субстрата, ведь неправильно подобранный субстрат может испортить как насос, так и систему слива (рис. 11).

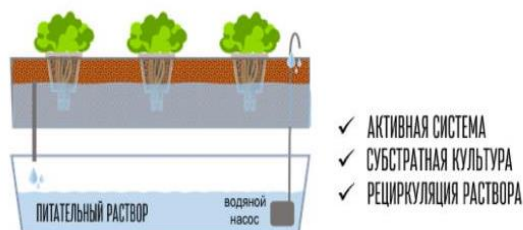


Рис. 11. Система периодического затопления

4. Система питательного слоя. Техника питательного слоя (Nutrient Film Technique) является распространенной и популярной. В этой системе происходит постоянная циркуляция

тонкого слоя питательного раствора. Аллен Купер разработал этот метод в 1960-х годах в Англии. Данная система сравнительно схожа системой глубоководных культур и системой периодического затопления, корни растений также находятся в субстрате, однако используется крайне мало воды и более сильное обогащение кислородом питательного раствора за счет большой площади соприкосновения с воздухом и тонким слоем питательного раствора. Данный метод подходит для культивирования растений с коротким циклом культивации (рис. 12).

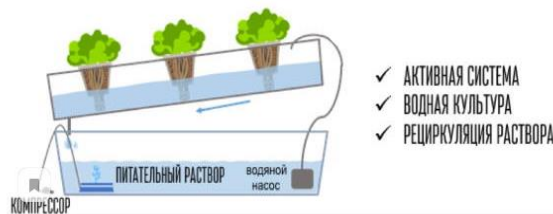


Рис. 12. Система питательного слоя

5. Система капельного полива. Данная система развивалась одновременно с системой питательного слоя, однако широкого применения не соискала, пока не были разработаны новые пористые, влагоемкие субстраты, которые могли удерживать влагу на длительный период. Система капельного полива представляет собой плиты минеральной ваты, в которых находят растения, предварительно высаженные в кубики и минеральные ваты, к каждому растению подведен патрубков, отходящий от общей магистрали, который подает питательный раствор. Однако главным, но не единственным минусом данной технологии является потеря воды 20–30 %, второй минус – это большие затраты на субстрат, если в предыдущих системах использовалось малое количество субстрата, то в системе капельного полива на субстрат приходятся большие расходы (Селиванова, 2014) (рис. 13).



Рис. 13. Система капельного полива

6. Система аэропоники. Данный метод выращивания растений является самым новым и лучшим по эффективности. Данные системы являются самыми экологичными (из-за отсутствия отходов), а динамичная циркуляция воды помогает удалять из питательного раствора отработанные газы, что позволяет выращивать растения очень продолжительное время. Метод аэропоники является собирательным для многих других, где происходит активная аэрация питательного раствора, в свою очередь системы делятся на насосные и ультразвуковые. В данных системах растение высаживают в пористый субстрат и помещаются в определенную герметичную емкость, раствор подается либо путем нагнетания насосом и распылением через форсунки, либо путем ультразвукового воздействия посредством ультразвуковой мембраны с частотой 1,6–2 миллиона колебаний в секунду (2 мегагерц) раствор преобразуется в туман-аэрозоль. При такой частоте вода распыляется на мельчайшие частицы размером менее 5 микрон, что позволяет корням растений беспрепятственно впитывать раствор. Данный метод подходит почти ко всем климатическим зонам, так как используется не поток воды, а мелкие капли, которые не только хорошо впитываются корнями, но и создают идеальные условия для корней, к тому же это повышает оксигенацию раствора, а закрытость системы исключает сильное испарение и нагрев. Помимо этого, отпадает надобность в постоянной закупке субстрата, его уходит крайне мало. Однако данные системы крайне дороги в производстве и обслуживании (Любова, 2012) (рис. 14).



Рис. 14. Система аэропоники

Тема 2. Субстраты, используемые в гидропонных системах

Главными требованиями к субстрату при использовании в гидропонных системах являются:

- должен быть влагоемким;
- должен обеспечивать корни хорошей аэрацией.

Это определяет структуру субстрата, он должен быть не слишком мелким (будет накапливать воду, а для воздуха места почти не будет из-за плотной структуры), но и не крупным (для воздуха будет достаточно объема, но не будет капиллярных сил для удержания воды) (Сафонова, 2015).

Таким образом в гидропонике используются органические и неорганические субстраты.

Неорганические гидропонные субстраты:

1. Перлит – это кислая порода вулканического происхождения. Естественным путем породы получается при гидратации обсидиана, но в промышленности производство имеет другой вид. В начале породу измельчают, после размельчают и сортируют, затем происходит нагрев в печах при 750–1 000 °С, вода испаряется и частицы перлита расширяются (объем перлита увеличивается в 10–15 раз), образуя белые мелкие агрегаты, похожие на грибы – перлы. Его способность удерживать кислород – главная причина, по которой он используется как наполнитель в почвенных и беспочвенных смесях. Главным недостатком перлита является его легкость, из-за которой он смывается водой, в перлите растению трудно удержаться корнями. Этот недостаток делает перлит неподходящим субстратом в затопляемых и проточных типах гидропонных систем. Перлит имеет сильную систему капилляров, которые поднимают воду с той же скоростью, с которой вода поглощается растением. Перлит имеет очень хорошее продольное капиллярное распространение влаги, что делает его хорошим выбором для гидропонных систем фитильного типа. Еще одно достоинство перлита в гидропонной культуре является то, что перлит физически очень стабильный. Так же перлит можно использовать в течение нескольких сезонов выращивания. Перлит используется отдельно или как смесь с другими субстратами (Сафонова, 2015).

2. Вермикулит. Вермикулит – вторичный минерал, образовавшийся в результате изменения слюды. Механические свойства расслоенного вермикулита: малый вес, составляющий 100–150 кг/м³ (для сравнения 1 м³ торфа весит 500–600 кг); негорючесть; гнилостойкость; большая поглотительная способность (прочно удерживает многие макро- и микроэлементы, в том числе воду); высокая влагоемкость (300–400 %); стойкость против насекомых и грызунов; способность сохранять структуру (Семинский, 2018).

3. Минеральная вата. Минеральную вату получают при плавлении смеси из 60 % базальта, 20 % известняка и 20 % кокса при 1500–2000 °С. По составу минеральная вата аналогична почвенным минералам, но не является источником питательных веществ. В связи с добавлением известняка минеральная вата имеет щелочную реакцию (рН 7,5–8,5), но, не обладая буферной способностью, быстро принимает реакцию используемого питательного раствора.

Связывающее вещество, которое используют при получении минеральной ваты, поддерживает волокна на определенном расстоянии друг от друга. Это, с одной стороны, предупреждает уплотнение, и полученный продукт сохраняет стабильную форму в течение продолжительного времени, с другой – улучшает пористость, влагоемкость и капиллярные свойства ваты.

Минеральная вата легкая (90 кг/м²), по физическим свойствам приближается к верховому торфу и стерильная, т. е. не содержит сорняков, патогенов и токсических веществ.

4. Керамзит. Керамзит – это строительный материал, выпускаемый в виде гранул диаметром 2–50 мм. Производится из глины, прошедшей термическую обработку. В гидропонике используют дробленый керамзит с размером частиц 2–5 мм. Дробленые гранулы имеют пористую структуру, позволяющую удерживать питательный раствор.

Керамзит отличается высокой механической прочностью на раздавливание и относительно небольшой влагоемкостью (60 %). Под влиянием корневых выделений гранулы керамзита разрушаются, в результате чего возрастает объемная и удельная масса субстрата. Из-за чего данный субстрат рекомендуется периодически промывать водой или перекисью водорода слабой концентрации (3 %), для избегания образования гнилостной микрофлоры.

5. Гравий, гранитный щебень и песок – самые распространенные и долговечные субстраты, характеризующиеся следующими свойствами: низкой влагоемкостью (8,4 %); повышенным содержанием известковых частиц. Для снижения излишней щелочности субстрат промывают слабым раствором фосфорной кислоты или водным раствором суперфосфата (200 г – на 10 л воды), после чего тщательно споласкивают в чистой воде.

Для выращивания гидропонных культур рекомендуются гравий и щебень с размером частиц 2–5 мм, песок с размером частиц диаметром 0,6–2,5 мм. Субстрат требует частого увлажнения (Трифанова, 2013).

Органические гидропонные субстраты:

1. Торфяной мох образуется в мелких впадинах (болотах), в холодной, влажной, бедной кислородом кислотной среде. Торфяные мхи различны по составу и свойствам в зависимости от видов накопленных растений и степени разложения. Все типы торфа кислотны. Они широко применяются в смесях, зачастую в сочетании с песком и суглинками, с внесением органики в смесь и с благоприятным рН. Все виды торфа обладают большой влагоемкостью и сжимаются при орошении. Благодаря своей кислотности их нельзя использовать в чистом виде в горшках, а только в малых количествах для укоренения черенков и проращивания семян.

2. Сфагновый мох – живые растения, произрастающие на болотах, которые превращаются в торф после накопления и разложения. Сфагнум представлен множеством видов. В сухом прессованном виде он представляет ценность в смесях, особенно если рН имеет тенденцию к росту. Из него также получается отменный субстрат для растительных стенок или каркасов.

3. Кокосовый койр – органический субстрат, представленный волокном из межплодника орехов кокосовой пальмы. Проблемы с кокосом возникают из-за высокого содержания хлорида натрия – обычной поваренной соли. Из-за высокого содержания соли кокос поначалу применялся только в открытых системах во избежание отложения солей. Но кокос поддается обработке: можно обменять ион натрия на ион кальция посредством процесса, аналогичного (но противоположного) процессу, происходящему в бытовом смягчителе воды. Такой переработанный кокос можно выгодно использовать в замкнутой системе. Органическое происхождение кокосового субстрата облегчает интродукцию полезных микроорганизмов. В теплицах всего мира кокос испытывается на ряде культур, овощей и декоративных растений.

4. Кокосовый субстрат. Данный субстрат представляет из себя отход кокосовой промышленности, измельченные остатки волокон кожуры кокосового ореха. Он хорошо удерживает как воду, так и воздух. Основные достоинства кокосового субстрата: в производстве не используются химические добавки; рН субстрата близок к оптимальному для роста большинства растений; значительная водоудерживающая способность (удерживает влаги в 7 раз больше своего веса); более быстрое прорастание семян, ускоренный рост растений; получение экологически чистых продуктов; хорошие характеристики дренажа; длительный период работы субстрата (не менее 8 лет), после которого субстрат легко утилизируется; структурно

устойчивый материал, не имеющий никакой тенденции, разрушается даже при самой влажной погоде (Сафонова, 2015).

Тема 3. Питательные растворы, используемые в гидропонном хозяйстве

Так как субстраты, используемые в гидропонике, являются минерально- и питательно инертны, встает вопрос о создании раствора, с правильным балансом микро- и макроэлементов, в которых нуждаются растения.

Самый популярный и наиболее точно выверенный раствор микроэлементов – это раствор, разработанный Хогландом и Арноном в 1938 году. Раствор Хогланда содержит все питательные вещества, необходимые растениям (количество приведено в граммах на 1 литр дистиллированной воды): хлористый литий (LiCl) – 0,03, сульфат меди (CuSO_4) – 0,06, борная кислота (H_3BO_3) – 0,61, сульфат алюминия ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) – 0,06, хлористое олово, двухвалентное (SnCl_2) – 0,03, йодистый калий (KI) – 0,03, сульфат цинка (ZnSO_4) – 0,06, двуокись титана (TiO_2) – 0,06, хлористый марганец, двухвалентный (MnCl_2) – 0,39, сульфат никеля (NiSO_4) – 0,06, нитрат кобальта ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2$) – 0,06, бромистый калий (KBr) – 0,03. Он подходит для выращивания большого числа видов растений.

Сначала все соли отвешивают в необходимом количестве и растворяют каждую соль отдельно в небольшом количестве воды. Соли марганца, меди и цинка можно растворять вместе. Затем их смешивают и добавляют необходимое количество воды с учетом, уже использованной для растворения солей.

Растворов макроэлементов существует множество, но для правильного и сбалансированного питательного раствора все минеральные соли должны быть взяты в строго определенных количествах. Для нормального развития большинства растений соотношение фосфор – азот – калий – магний должно составлять – 1 : 0,5 : 2 : 0,3 (Барабаш, 2014).

Раствор Кнопа (вещества в граммах на 1 литр воды): кальциевая селитра (нитрат кальция) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 1, фосфат калия однозамещенный KN_2PO_4 – 0,25, сульфат магния MgSO_4 – 0,25, хлорид калия (калийная соль) KCl – 0,125, хлорид железа FeCl_3 – 0,125. Каждое вещество нужно растворять отдельно в небольшом объеме воды. Затем налить в мерный сосуд 700–800 мл воды, поочередно добавить растворы, тщательно размешивая. После этого довести до общего объема в 1 литр.

Можно заменить хлорид железа железным купоросом. Для этого 15 г купороса смешивают с 1,7 г лимонной кислоты (растворяют отдельно, затем смешивают), после раствор доводят до 0,5 литра дистиллированной водой. Добавляют 5 мл на литр в раствор Кнопа вместо хлорида железа. Так же следует добавлять 1 мл раствора Хогланда на 1 литр этого раствора. Раствор Кнопа – не универсальный: он не подойдет для растений, которым необходимо низкое содержание кальция (Медведев, 1996).

Раствор по Герикке (вещества в граммах на 1 литр воды): монокалий фосфат KH_2PO_3 – 0,14, калийная селитра KNO_3 – 0,55, кальциевая селитра $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 0,1, сульфат магния (крист.) MgSO_4 – 0,14, сульфат железа (2-х валентный) FeSO_4 – 0,02, сульфат марганца MnSO_4 – 0,002, бура (декагидрат тетрабората натрия) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$ – 0,002, сульфат цинка ZnSO_4 – 0,001, сульфат меди CuSO_4 – 0,001. Добавляют 0,5 мл раствора Хогланда на 1 литр этого раствора. Каждое вещество надо растворять отдельно, во избежание выпадения в осадок, поле смешать и довести до 1 литра дистиллированной водой (Зальцер, 2012).

Раствор по Эллису (вещества в граммах на 1 литр воды): нитрат кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 1, сульфат магния MgSO_4 – 0,5, монокалийфосфат KH_2PO_4 – 0,3, сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 0,1, нитрат железа $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ – 0,05, сульфат марганца MnSO_4 – 0,002, бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$ – 0,002, сульфат цинка ZnSO_4 – 0,001, сульфат меди CuSO_4 – 0,001. Добавляют 0,5 мл раствора Хогланда на 1 литр этого раствора. Как и в предыдущих рецептах, каждое вещество растворяется отдельно.

Помимо этого, существуют уже готовые, сухие и жидкие смеси, которые активно используются в системах гидропоник (Аутко, 2012).

Тема 4. Значение света для растений в гидропонных системах

Среди множества абиотических факторов, воздействующих на растения, одним из самых главных является солнечный свет. В природных условиях растения редко испытывают недостаток солнечной энергии, который привел бы к полной остановке их роста и развития. Однако при выращивании растений в закрытых системах наблюдается недостаток световой энергии, что приводит не только к уменьшению выхода массы, но и гибели всего урожая (Субботин, 2018).

В гидропонном хозяйстве главными показателями являются: спектральный состав, интенсивность, а также продолжительность светового периода.

По спектральному составу солнечный свет неоднороден. В него входят лучи, имеющие различную длину волны. Наиболее эффективно использовать свет со спектральными характеристиками в области фотосинтетически активной радиации (ФАР) в диапазоне 380–720 нм, близкими к солнечному спектру. Однако из всего спектра наиболее важную роль играют красные (720–600 нм) и оранжевые лучи (620–595 нм). Именно они являются основными поставщиками энергии для фотосинтеза, а также способствуют интенсивному росту листовой пластинки и приводит к задерживанию перехода растения к цветению. На следующей ступени стоят синие и фиолетовые (490–380 нм) лучи, кроме непосредственного участия в фотосинтезе, стимулируют образование белков и регулируют скорость развития растения, вызывая торможение роста стебля и поверхности листьев. Желтые (595–565 нм) и зеленые (565–490 нм) лучи по большей части не играют особой роли и даже наоборот на первый взгляд кажется, что данный спектр угнетает растение, формируются тонкие листья с меньшим числом клеток и хлоропластов, однако данные лучи все же играют роль в фотосинтезе, а именно лучшее усвоение света хлорофиллом.

Таким образом в гидропонном хозяйстве используются следующие источники фитоцвета: 1) лампы накаливания; 2) газоразрядные лампы; 3) светодиодные лампы (Долгих, 2006).

Лампы накаливания. Лампа накаливания – является самой простой и общедоступной лампой. Свечение в данных лампах возникает в результате накала проводника из тугоплавкого металла (вольфрама), из-за чего световая отдача у такой лампы крайне низкая – и достигает всего 13,8 люмен/ватт, из этого выходит, что КПД лампы равен 2,0 %. Такие низкие значения получаются из-за не совершенности данной лампы, ведь большая часть энергии уходит в тепло, которое отдается пространству, что так же может навредить растениям. Помимо вакуумных ламп существуют так же лампы, наполненные химически инертными газами, такими как: смесь азота (N₂) с аргоном (Ar), криптон (Kr) или ксенон (Xe). Такое наполнение позволяет не только спирали накала служить дольше, но и повышает КПД ламп. Из достоинств у данной лампы это: 1) низкая стоимость; 2) мгновенное зажигание при включении; 3) малые габариты; 4) широкий диапазон мощностей; 5) невысокая чувствительность к сбоям в питании и скачкам напряжения; 6) надежность в условиях низкой и повышенной температуры окружающей среды, устойчивы к конденсату. Недостатками являются: 1) недолговечность (10 000 часов); 2) крайне низкий КПД; 3) бросок тока при включении (примерно десятикратный); 4) возможен взрыв при перегорании нити накаливания (Ефремов, 2014).

Газоразрядные лампы. Физическая основа светового потока – электрический разряд в газах. В последнее время принято называть газоразрядные лампы разрядными лампами.

Люминесцентная (далее – ЛЛ) и ртутная газоразрядная лампа (далее – ДРЛ) будут первыми среди газоразрядных ламп. Внутри лампы находится газ под низким давлением (ЛЛ) или высоким (ДРЛ), обычно это аргон и ртуть, который под воздействием разряда производят ультрафиолетовое излучение. Порошок поглощает ультрафиолетовый свет и преобразует его в видимый свет. Такие типы ламп позволяют получать большую светоотдачу 100 люмен/ватт значения КПД так же возрастает до 15 %, по сравнению с лампами накаливания. Люминесцентные лампы имеют множество преимуществ, такие как: 1) значительно большая светоотдача (люминесцентная лампа 20 Вт даст освещенность, как лампа накаливания на 100 Вт) и бо-

лее высокий КПД; 2) рассеянный свет; 3) ительные качества данных ламп нивелируются отрицательными: 1) химическая опасность; 2) деградация люминофора со временем приводит к изменению спектра, уменьшению светоотдачи и как следствие понижению КПД ЛЛ; 3) долгое зажигание и использование дополнительных приспособлений; 4) сильный нагрев (ДРЛ), что при попадании воды на лампу приводит к взрыву (Зильбернагель, 2011).

Второй и самой лучшей для систем гидропоники, разновидностью газоразрядных ламп являются – лампы НЛ (натриевые лампы), они похожи на ДРЛ, но вместо ртути светящимся телом служат пары натрия с газовым разрядом в них. Поэтому данные лампы имеют яркий оранжево-желтый свет.

Натриевые лампы являются одним из самых эффективных электрических источников света. Светоотдача натриевых ламп высокого давления достигает 150 люмен/ватт, низкого давления – 200 люмен/ватт. Таким образом из плюсов выделяют: 1) большая светоотдача и, следовательно, КПД; 2) невысокая цена; 3) долгий срок службы. Из минусов можно отнести: 1) сложность в подключении (нужно дополнительное оборудование); 2) сильный нагрев ламп, что может привести к пожару; 3) при использовании данных ламп в качестве источника фитосвета возникают проблемы с досвечиванием некоторыми спектрами, поэтому рекомендуется использовать в комбинации с другими лампами, например, светодиодными (Долгих, 2006).

Светодиодные лампы. В отличии от света ламп, имеющего обширный спектр, диод испускает узконаправленное излучение, которое зависит от состава полупроводникового кристалла.

На данный момент светодиодное освещение является одним из лучших, так как у такого освещения огромное количество плюсов, таких как: 1) низкая электрическая мощность; 2) высокая световая отдача. Современные светодиоды сравнялись по этому параметру с натриевыми газоразрядными лампами и металлогалогенными лампами, достигнув 146 люмен/ватт; 3) отсутствие нагрева, что позволяет устанавливать полосы светодиодов близко к растениям; 4) возможность настроить светодиоды на активные участки спектра для хлорофиллов и каротиноидов; 5) высокая механическая прочность и невосприимчивость к влаге; 6) легкое подключение в систему; 6) отсутствие инерционности; 7) долговечность (100 000 часов). Главным минусом является то, что правильно настроенная схема светодиодов имеет высокую стоимость (Аюпов, 2018).

Раздел 2 ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ В ЗАКРЫТЫХ СИСТЕМАХ

Тема 1. Организация помещения, оборудование и материалы, необходимые для выращивания растений методом гидропоники

Этапы организации процесса выращивания растений по методу вертикальной гидропоники в климатически и фотосинтетически независимой среде (в лабораторных условиях) описана ниже.

Помещение для производства зеленых культур должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией, приборами, фиксирующими микроклимат в помещении – влажность воздуха, температура воздуха и питательного раствора (гигрометр, термометры) (Селиванова, 2014).

Важно наличие прибора, измеряющего кислотность (рН-метр) и электропроводность (кондуктометр, ЕС-метр) питательного раствора, чтобы обеспечить оптимальный рост растений. В зависимости от выращиваемых культур рН питательного раствора должен быть в диапазоне 5,2–6,1, в случае отклонения от оптимального уровня рН, растения не смогут усваивать некоторые элементы из питательного раствора.

В качестве источника освещения используются белые лампы, встроенные в гидропонную установку.

При выборе семенного (посадочного) материала для выращивания методом гидропоники нужно учитывать качество. Широкий список культур, сортов и гибридов зеленных и эфиромасличных культур предлагает фирма ООО «Энза Семена» (производитель: Enza Zaden Seed Operations B.V, Нидерланды). Семена отличаются высокой всхожестью и обладают устойчивостью к комплексу инфекционных болезней, вследствие обработки фунгицидом.

Выбор и подготовка субстрата для выращивания растений. В качестве субстрата используют кубики из минеральной ваты длиной 75 мм, шириной 75 и высотой 65 мм с двумя канавками вдоль кубика, керамзит и др., кокосовый субстрат и пр.

Для гидропонной системы можно применять полностью растворимое в воде удобрение FERTICARE™ HYDRO 6–14–30 (4, 10) (N–P2O5–K2O+MgO+SO3+micro) ЕС удобрение. NPK комплексное удобрение (N–P– K+Mg+S+micro) 6-6.1-24.9 (2.4, 4) с микроэлементами и удобрение Yara Liva™ CALCINIT™ Нитрат кальция (Кальциевая селитра) или жидкое удобрение со сбалансированным минеральным составом от производителя «Зеленый шеф» (Тексье, 2013).

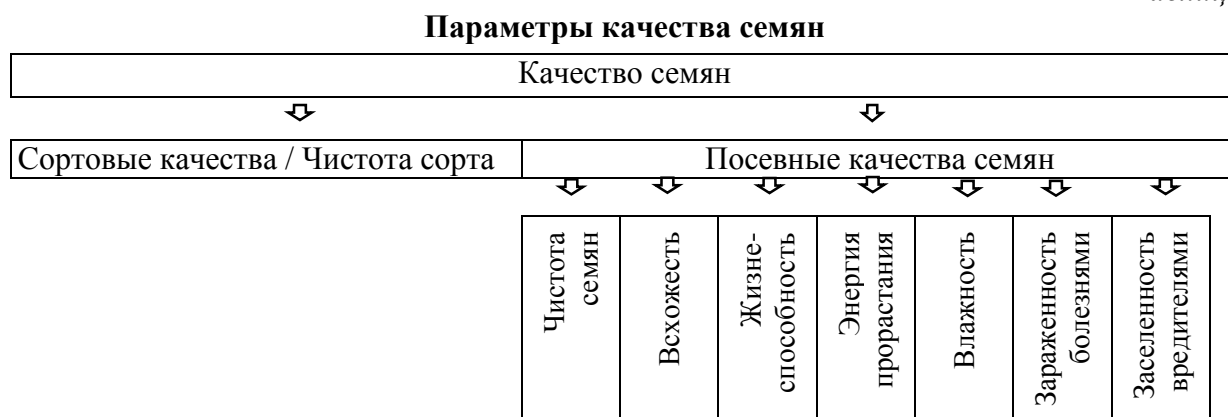
Тема 2. Оценка качества семян

Качество семян является основой для прохождения растениями первого критического периода развития и формирования такого основополагающего элемента структуры урожая, как густота стояния растений.

Для того чтобы получить хороший урожай, для посева следует использовать только соответствующий требованиям ГОСТ посадочный материал. От посевных качеств семян зависит в первую очередь всхожесть посевного материала, качество получаемой рассады и то, насколько быстро и правильно будут развиваться в последующем разного рода сельскохозяйственные растения.

Стандартами РФ регламентирован полный ряд параметров качества семян, методы их испытаний, а также требования к маркировке, в т. ч. параметров качества (табл. 2.).

Таблица 2



Все параметры качества делятся на две категории:

- сортовые качества – это сортовая чистота, определяющая степень соответствия семян партии заявленному сорту на основании морфологических признаков по внешнему виду или путем проведения грунтового сортового контроля;

- посевные качества определяют степень пригодности семян для посева и хранения.

К ним относятся чистота, влажность, всхожесть, энергия прорастания, жизнеспособность, чистота семян, зараженность болезнями и заселенность вредителями (Бурвель, 2017).

Чистота семян является одним из важных показателей качества семенного материала. При хранении или транспортировке посадочный материал разных сельскохозяйственных культур может частично смешиваться. Нормативами такое допускается, но в определенных пределах. В первую очередь при определении посевных качеств семян выясняют, какое количество содержится в контрольной норме примесей посадочного материала других культур.

Чистота определяется с целью установления в средней пробе, а, следовательно, и в партии, которую она представляет, содержания нормально развитых семян, отходов и примесей. Примеси и отходы особенно резко снижают качество семян при хранении. Поэтому, если чистота семян не соответствует нормам стандартов на посевные качества, то детально анализируют состав отходов и примесей, разделяя их на фракции. Чистоту семян определяют отношением массы чистых семян к массе навески примесей и выражают в процентах. Руководствуются в данном случае при определении посевных качеств семян ГОСТ, предусматривающим максимально допустимое количество примесей для каждой сортовой группы.

Всхожесть – процент семян данной партии, способных сформировать нормально развитые проростки. В лабораторных условиях определяют техническую и абсолютную всхожести. Техническая всхожесть определяется как процентное отношение числа проросших к числу семян, заложенных на проращивание. Абсолютная всхожесть – это процентное отношение проросших семян к числу проращиваемых полнозернистых семян. Показатель технической всхожести используется для установления класса качества семян, абсолютной всхожести – в научных исследованиях.

Существует несколько способов проращивания семян: на бумаге, между бумагой, в рулонах, на песке, в песке. При учете энергии прорастания подсчитывают и удаляют только нормально проросшие и явно загнившие семена, а при учете всхожести отдельно подсчитывают нормально проросшие, набухшие, твердые, загнившие и ненормально проросшие семена. К нормально развитым проросткам относят такие, у которых все важнейшие структуры (корешки, подсемядольное и надсемядольное колено, почечка) развиты и имеют к моменту учета длину не менее 1 см.

Проращивают семена при определении лабораторной всхожести в термостате при температуре 20–22 °С 7–8 суток. Соответствующие методики регламентированы ГОСТ 12038-84 для сельскохозяйственных культур и ГОСТ 24933.02-81 для цветочных культур.

Жизнеспособность. Под жизнеспособностью понимается способность семян к прорастанию. Жизнеспособными считаются не только те семена, которые способны прорасти в отведенные стандартами сроки, но и те, которые могут прорасти существенно позже, а также и спящие семена, которые могут прорасти после определенной стимуляции.

Методов оценки жизнеспособности семян существует достаточно много, однако наиболее достоверные результаты дают методы, основанные на окрашивании среза семян различными красителями с последующим сравнением характера окрашивания с эталонами. В качестве красителей чаще всего используют тетразол, а также индигокармин и кислый фуксин. Для некоторых видов используют также флуоресцентный метод определения жизнеспособности. Исследуемый посадочный материал сначала замачивают до набухания. Затем извлекают из семян зародыши и окрашивают их. Данные методики для сельскохозяйственных культур регламентированы ГОСТ 12039-82, для цветочных культур отдельный стандарт не предусмотрен.

Метод определения жизнеспособности семян с применением индигокармина основан на способности живых клеток оставаться непроницаемыми для данного раствора, тогда как мертвые клетки легко пропускают его и окрашиваются в синий (голубой) цвет.

Метод определения жизнеспособности семян с применением тетразола основан на способности живых клеток зародыша восстанавливать бесцветный раствор хлористого тетразола в фармазон. В результате живые клетки зародышей приобретают красный или малиновый цвет, мертвые остаются неокрашенными.

Метод определения жизнеспособности семян йодистым раствором разработан для семян с вынужденным покоем и основан на окрашивании крахмала живых зародышей йодом в темный цвет различной интенсивности (от серого до черного). Жизнеспособность семян определяют в процентах, как отношение количества жизнеспособных семян к общему числу семян, взятых для анализа.

Энергию прорастания семян определяют, как процентное отношение числа проросших за установленный в стандарте для энергии прорастания срок к общему числу семян, взятых для проращивания. Таким образом посадочный материал проверяют обычно 3–4 дня.

Под энергией прорастания понимают способность быстро и равномерно прорасти. Для каждой породы существует своя оптимальная температура, при которой происходит наиболее энергичное прорастание семян, выше или ниже которой процесс прорастания замедляется. Оптимальная температура как постоянная, так и переменная, способствует усилению деятельности ферментов.

Влажность – один из важных показателей их качества, который имеет большое значение при хранении. Повышенная влажность семян вызывает усиление их дыхания и повышение деятельности микроорганизмов, что приводит к снижению жизнедеятельности семян. Для семян установлена оптимальная влажность по ГОСТу, которую необходимо поддерживать при их хранении.

Основной способ определения влажности – воздушно-тепловой, основан на определении потери влаги семенами при их высушивании в сушильном шкафу при определенной температуре и установленном времени высушивания. Процент влажности вычисляют по формуле:

$$C = \frac{a-b}{a} \times 100,$$

где a – масса навески до высушивания, г;

b – масса навески после высушивания, г.

Соответствующие методики регламентированы ГОСТ 12041-82 – для сельскохозяйственных культур и ГОСТ 24933.3-81 – для цветочных культур.

Зараженность болезнями является важнейшим фактором качества семян, однако обнаружение наличия патогенных микроорганизмов и их идентификация является весьма сложной, трудоемкой задачей. По этой причине в стандартах на посевные качества семян регламентировано лишь качественное требование – отсутствие карантинных болезней, число видов которых достаточно ограничено. Тем не менее определение зараженности по некарантинным болезням также проводится в обязательном порядке и его результаты отражаются в сопроводительной документации на партию семян.

Анализ проводится различными методами, в т. ч. путем внешнего осмотра, совмещенного с проверкой чистоты (см. выше), идентификацией предварительно выделенных микроорганизмов под микроскопом или путем посева колоний, люминесцентным методом по свечению семян, проращивание семян во влажной атмосфере с последующей диагностикой заболевания по внешним признакам и пр. Соответствующие методики для некоторых культур определены ГОСТ 12044-93, однако для большинства культур и патогенных организмов требуются частные методики.

Часто семена, предназначенные для реализации, протравливают фунгицидами для снижения степени их зараженности, о чем делается соответствующая отметка в сопроводительной документации.

Заселенность вредителями. Заселенность живыми вредителями – насекомыми, клещами и нематодами в любых стадиях развития – не менее важный фактор, чем зараженность болезнями. Различают явную форму заселенности, определяемую наличием вредителей в межсеменном пространстве, и скрытую форму, определяемую наличием вредителей внутри семян.

Как и в случае с зараженностью болезнями, система контроля качества семян может гарантировать только отсутствие карантинных вредителей и вредителей, поражающих обследуемые семена. В то же время в документации о приемке предусматривается информация о заселенности семян партии и ее детализация, что позволяет подобрать препараты для протравливания (Яркова, Федорова, 2016).

Тема 3. Методика посева на субстрат

Заблаговременно готовится питательный раствор минеральных удобрений, для этого используется водопроводная вода, предварительно отстоянная двое суток.

Раствор для гидропоники готовят из расчета 1 г/л общего количества удобрений. В отдельных емкостях растворяют в воде основное удобрение Фертика Гидро (0,6 г/л) и кальциевую селитру, Кальцитин (0,4 г/л), затем растворы соединяют и хорошо размешивают или забавляют в нужных пропорциях раствор минеральных удобрений.

Определяют уровень кислотности (рН) готового питательного раствора. Величина рН раствора должна соответствовать оптимальному 5,2–6,1. В случае, если величина рН отклоняется от оптимальной в ту или иную сторону, ее необходимо выровнять 20 % азотной кислотой (HNO₃), можно и фосфорной кислотой – так будет дополнительное питание для растений элементом фосфора (P), и 20 % гидроксида калия или натрия (KOH / NaOH).

Минеральную вату необходимо предварительно пропитать подготовленным питательным раствором сутки, после чего их размещают на поддоны так, чтобы канавки на их нижней стороне располагались вниз, что позволит избыточной воде легко вытекать из кубиков.

В лабораторных условиях следует определить чистоту энергию прорастания и всхожесть семян. Семена необходимо протравить от корневых гнилей препаратами триходермин (Предпосевное замачивание семян в течение 1–2 часов с последовательным просушиванием в тени. Норма применения препарата 3,0 г/л воды. Расход рабочей жидкости – 100–150 мл/100 г семян) или фитоспорин (предпосевное замачивание семян на 1–2 часа. Норма применения препарата 1,5 г/л воды. Расход рабочей жидкости – 100–150 мл на 100 г семян).

Посев семян в минеральные кубики проводят на глубину 0,3–0,5 см, располагая семена равномерно по всей площади кубика. Количество семян в зависимости от культуры составляет 3–20 шт/кубик.

Проращивание семян проводят в семенном отделении при температуре воздуха +23...+24 °С, относительной влажности воздуха 90 %, в накрывания стеллажей с кубиками темной полиэтиленовой пленкой. С целью получения дружных всходов для проращивания семян можно использовать камеру проращивания семян.

По мере прорастания через 2–3 суток (рукола), 3–4 суток (салат, эндивий), 5–6 суток (базилик), 6–7 суток (укроп), 8–10 суток (петрушка) сеянцы помещают в основное культивационное помещение на стеллажи гидропонной установки горизонтального типа и выращивают до полного созревания растений.

Рекомендуемая схема посадки: размещение кубиков на расстоянии 10 × 10 см на поддоне размером 120 × 50 см, где помещаются 40 кубиков – 4 ряда по 10 кубиков (Чернышева, 2021).

Условия выращивания растений в культивационном помещении. Для дальнейшего нормального роста и развития растений на гидропонных установках необходимо соблюдать определенные условия:

- температура воздуха в помещении должна составлять +22–23 °С;
- температура раствора – +20 °С (не ниже +18 °С);
- влажность воздуха не менее 50 % (оптимальная – 70–75 %);
- освещенность белыми фитолампами – 9–10 тыс. лк;
- рН питательного раствора 5,2–6,1;
- электропроводность 0,8–1,8 мСм/см (для стадии рассады и вегетации);
- продолжительность освещения должна составлять примерно 13 часов в сутки;
- подача питательного раствора в течение 15 мин через каждые 24 часа;
- заменять питательный раствор следует через 7 дней (Чернышева, 2021).

Выращивания растений и сбор урожая. В период вегетации растений систематически проводят учет параметров среды и наблюдения за ростом и развитием растений, отмечают всхожесть семян в кубиках (%), фазу развития растений, высоту растений (см), количество листьев (шт.), длину и ширину листа (см).

Полное созревание зеленных растений до товарного вида в закрытой системе горизонтального типа происходит в зависимости от культуры от 35 до 45 суток.

При достижении растениями полной зрелости приступают к сборке урожая, измеряют массу растений (г) (массу одного растения в кубике, массу всех растений в кубике), определяют урожайность культур. Рассчитывают средние значения показателей и заносят в таблицу.

Для определения урожайности высчитывают количество кубиков на 1 м², затем высчитывают площадь кубиков, при котором не происходит перекрытие растений, после урожайность определяют по следующей формуле:

$$\text{Средняя урожайность} = \frac{\text{Общий варовый сбор}}{\text{Общая посевная площадь}}$$

В готовой продукции определяют содержание биологически активных веществ (витамин С, хлорофиллы, флавоноиды и др.).

Для анализа растительных образцов на содержание аскорбиновой, дегидроаскорбиновой и дикетогулоновой кислот используют методику Русак и др. (2012). Метод количественного определения данных кислот основан на взаимодействии 2,4-динитрофенилгидразина с дегидроаскорбиновой и дикетогулоновой кислотами с образованием (в присутствии серной кислоты) соответствующих озаонов, которые дают красное окрашивание, используемое для фотометрического определения. Для нахождения суммы всех кислот аскорбиновую кислоту окисляют раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола до дегидроаскорбиновой кислоты.

Анализ содержания хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов и показателей суммы флавоноидных соединений определяют спектрофотометрическим методом. Оптическую плотность растительного экстракта определяют при разных длинах волн: 665 нм (хлорофилл *a*), 649 нм (хлорофилл *b*), 470 нм (каротиноиды). Определение суммы флавоноидных соединений, родственных рутину основано на реакции с хлоридом алюминия, проводят спектрофотометрическим методом на спектрофотометре (Трунов, 2021).

Раздел 3 БОЛЕЗНИ И ВРЕДИТЕЛИ РАСТЕНИЙ

В процессе выращивания растений в гидропонике часто наблюдаются характерные признаки болезней, симптомы которых хорошо заметны на листьях, плодах и корнях растений. Причиной этих проявлений являются различные неблагоприятные факторы внешней среды или патогенные микроорганизмы. Болезнь ведет к отмиранию пораженных тканей, ослаблению, снижению продуктивности или гибели всего растения.

По своей классификации все болезни делят на две группы:

1. Неинфекционные болезни возникают без участия фитопатогенных организмов, под влиянием неблагоприятных для нормального развития растений факторов окружающей среды.

2. Инфекционные болезни растений вызываются микроорганизмами (преимущественно грибами, бактериями, вирусами), паразитическими нематодами или цветковыми растениями-паразитами.

Тема 1. Неинфекционные болезни

Неинфекционные болезни в зависимости от характера и типа воздействия на растения абиотических и антропогенных факторов делятся на следующие основные группы:

- болезни, вызванные нарушением режима питания (недостаток или избыток питательных веществ в почве, избыток солей, недостаток кислорода, pH среды);
- болезни, вызванные антропогенными факторами (наличие в воздухе или почве токсичных для растений веществ);
- болезни, вызванные действием неблагоприятных факторов внешней среды (низкая или высокая влажность и температура воздуха, недостаток или избыток воды и света);
- болезни, вызванные механическими повреждениями.

Неинфекционные болезни вызывают ослабление растений, что способствует нападению на них различных фитопатогенных микроорганизмов (т. е. прослеживается сопряженность неинфекционных и инфекционных заболеваний).

При недостатке или избытке питательных веществ у растений нарушаются жизненные функции, что влечет за собой различные патологические изменения.

Для нормального роста растению необходимы основные элементы питания: макроэлементы – азот, калий, фосфор, кальций, железо, сера; микроэлементы – бор, медь, марганец, молибден, цинк и др. (Цяо, 2018).

Внешние признаки недостатка питательных веществ могут появиться на органах растений: листьях, стеблях, цветках, плодах, семенах и корнях, меры борьбы указаны в табл 3.

Таблица 3

Недостаток элементов питания растений и меры борьбы

Симптомы листьев	Недостающий элемент	Доза внесения (на 1 л воды)
Светло-зеленые, мелкие, слабые, в дальнейшем усыхают (общее пожелтение растения)	N ₂ (азот)	Мочевина 2 г, аммиачная селитра 3 г
Красновато-фиолетовые (интенсивной окраски), преждевременно опадают	P (фосфор)	Суперфосфат 1–2 г
Краевой ожог и отмирание кончиков; листовые пластинки закручиваются вниз	K (калий)	Калий серноокислый 2 г
Молодые – с признаками хлороза, старые – зеленые	Ca (кальций)	Кальциевая селитра 2 г
Желтеют, но жилки остаются зелеными	Fe (железо)	Хелат железа 1 г
Закручиваются вверх	B (бор)	Борная кислота 1 г
Наличие пятен желтого, оранжевого и фиолетового цвета. Листья желтеют (жилки остаются зелеными) и отмирают	Mg (магний)	Сульфат магния 1 г
Наличие серых, сухих пятен	Mn (марганец)	Марганцево-кислый калий 0,5 г
Листья мелкие с пятнами в виде желтых полосок. Розеточность	Zn (цинк)	Цинк серноокислый 1 г
Цвет листьев от серого до кремового. Курчавость	Cu (медь)	Медный купорос 2 г
Цвет молодых листьев от кремового до желтого	S (сера)	Сера садовая 2 г
Молодые листья крапчатые, края закручиваются внутрь, вдоль краев и на верхушках, развивается некроз. Жилки остаются светло-зелеными	Mo (молибден)	Молибденово-кислый аммоний 5 г

Тема 2. Инфекционные болезни

Другая группа болезней растений – инфекционные болезни, в условиях гидропоники чаще всего вызывают фитопатогенные грибы.

Грибные болезни, или микозы приводят к явно выраженному патологическому процессу, следствием которого являются нарушение роста, изменение формы отдельных органов или всего растения.

Характерными признаками болезней являются образование на пораженных органах пустил, налета. Течение болезни сопровождается изменением окраски пораженных органов (пятна, полосы), увяданием или отмиранием частей (некроз) или всего растения.

Меры борьбы – свободная расстановка растений, отказ от загущенных посадок. Снижение влажности воздуха, проветривание, умеренные поливы, не допускать переохлаждения, перепадов температуры. Удаление зараженных растительных остатков. Подкормка калийными удобрениями, исключение одностороннего избыточного удобрения азотом. Химические препараты в период вегетации на зеленых культурах использовать запрещено, разрешено только на садовых и комнатных растениях (Белошапкина, 2017).

Раздел 4 МИКРОЗЕЛЕНЬ

Пищевая индустрия одна из первых начала разрабатывать проекты, направленные на уменьшение времени выращивания продуктов растительного происхождения, сохраняющих все полезные свойства. В этой связи широкое распространение получила микрозелень (или Microgreens) – это молодые ростки овощей и трав, у которых имеются несколько настоящих листков. На сегодняшний день ее выращивают и используют в кулинарии по всему миру, а ассортимент насчитывает десятки различных культур.

Главными причинами такого быстрого развития отрасли и распространения стали:

- полезные свойства молодых побегов растений;
- преимущества в выращивании;
- получение урожая за 7–15 дней;
- выращивание растения круглый год;
- возможность использования различных видов технологий: грунт, кокосовый субстрат, джутовые коврики, вата, гидропоника (проточная, затопляемая).

В молодых листочках и стебле микрозелени содержится максимум полезных веществ: витаминов, минеральных солей, биологически активных веществ. Она также богата клетчаткой, одной из функций которой является выведение токсинов из организма.

Для выращивания микрозелени подходят различные виды злаков: пшеница, подсолнечник, ячмень, овес, просо, рис, гречиха и прочие, бобовые: горох, соя, чечевица, маш, нут, кукуруза, овощные растения: брокколи, кабачок, огурец, редис, свекла, чеснок красная капуста, травы и различные салаты: базилик, горчица, кинза, кресс-салат, рукола, сельдерей, лук, шпинат, щавель, укроп, дикie травы: амарант, кислица, клевер, крапива, кориандр, лебеда, лен, люцерна.

Для производства микрозелени в больших объемах (в гидропонных установках) ряд требований предъявляют к организации помещения. Помещение разделяют на две зоны: первая – темная (без ламп), в ней ставят стеллажи, на которых будет происходить проращивание семян, вторая – зона для установки стеллажей с освещением, поливом и системой монтажа кассет под микрозелень. В качестве осветительных приборов применяют либо люминесцентные лампы мощностью 30–40 Вт., либо LED светильники (при выращивании всходов растений используют как теплый, так и холодный свет). Освещение регулируется по таймеру, лампы закрепляются сверху каждой полки стеллажа.

Система полива состоит из вертикальных трубок, которые подают воду на каждую полку стеллажа, и горизонтальных трубок с распыскивателем для воды, через которые поступает жидкость на полки из металлопрофиля. В емкость с водой, возле стеллажа, помещают аэратор и помпу, которую по таймеру запускают, чтобы подавать воду для полива растений.

Таким образом, микрозелень получила свою популярность благодаря простоте выращивания, на которое не затрачивается много времени, сил и материальных средств. Кроме того, хлорофилл и другие полезные вещества, входящие в ее состав, подтолкнули людей всего мира к тому, чтобы микрозелень была неотъемлемой частью их сбалансированного и полезного рациона.

Раздел 5 КЛОНАЛЬНОЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Достижения в области культуры клеток и тканей привели к созданию принципиально нового метода вегетативного размножения растений – *клонального микроразмножения* – массового бесполого размножения растений в культуре клеток и тканей в условиях *in vitro* (в пробирке), генетически идентичных исходному экземпляру. В основе метода лежит уникальная способность растительной клетки реализовывать присущую ей тотипотентность, т. е. под влиянием экзогенных воздействий давать начало целому растительному организму.

Метод клонального микроразмножения имеет ряд преимуществ перед существующими традиционными способами размножения:

- получение генетически однородного посадочного материала;
- освобождение растений от вирусов за счет использования меристемной культуры;
- высокий коэффициент размножения;
- сокращение продолжительности селекционного процесса;
- ускорение перехода растений от ювенильной к репродуктивной фазе развития;
- размножение растений, трудно размножаемых традиционными способами;
- возможность проведения работ в течение года и экономия площадей, необходимых

для выращивания посадочного материала.

Существует несколько типов микроклонального размножения растений:

1. Подавление апикального доминирования и развитие пазушных почек.
2. Микрочеренкование.
3. Образование микроклубней, микролуковиц.
4. Индукция возникновения адвентивных почек непосредственно тканями экспланта.
5. Получение каллусной ткани с последующей адаптацией растений к условиям теплицы (Егорова и др., 2003, Калинин, 1992).

Тема 1. Организация биотехнологической лаборатории

Для организации биотехнологической лаборатории необходимы просторные изолированные помещения, а также современное оборудование и высококачественные реактивы. Данное помещение должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией и иметь канализационный слив для отвода конденсата из автоклава.

Для удобства проведения дезинфекции полы и стены в помещениях должны иметь кафельное покрытие, а потолок должен быть побелен.

Помещение должно быть оборудовано мойкой с горячей и холодной водой, лабораторными столами, холодильником для хранения маточных растворов реактивов, бактерицидные лампы, шкафы для материалов и оборудования.

Необходимое оборудование для проведения клонального микроразмножения растений: аналитические и торсионные весы; ламинар-бокс для инокуляции растительных эксплантов на питательные среды; дистиллятор; автоклав; сушильный шкаф для стерилизации посуды и инструментов; термостат способный поддерживать заданный режим температуры; плитка, спиртовки; набор посуды, инструментов и материалов (колбы, стаканы, мерные цилиндры, мензурки, пробирки и др.), необходимый набор химических реактивов надлежащей степени чистоты (ХЧ, Ч, ЧДА).

Тема 2. Подавление апикального доминирования и развитие пазушных почек

Подавление апикального доминирования и развитие пазушных почек – основной метод, используемый в клональном микроразмножении растений, так как большая часть высших растений обладает промежуточным типом роста, при котором в пазухах листьев находятся дополнительные меристематические ткани, способные сформироваться в побег, идентичный главному, и методика основана на активации в растениях данных меристем.

Выращивания растений в условиях *in vitro* состоит из последовательных этапов.

I этап – это выбор донора, он не должен быть поражен болезнями, от этого зависит получение здоровых клонов. На этом этапе в стерильном боксе следует разделить растения на клоны. Далее необходимо изолировать и стерилизовать экспланты, после чего перенести их на питательную среду, затем организовать комфортные условия для стабильного роста и развития побегов.

II этап – собственно микроразмножение. Оно возможно через месяц-полтора, когда черенки имеют зачатки всех вегетативных органов.

III этап – укоренение побегов, этот этап проводят, когда растение уже сформировало устойчивую корневую систему.

VI этап – адаптация растений к росту и развитию в почве. На данном этапе растения следует высадить в почву, когда начинают разрастаться корни, а молодые листья становятся достаточно развитыми и способными к фотосинтезу, что обеспечивает растению полную автономность. Здесь за растениями нужен тщательный уход, так как, оказавшись в почве, стерильное растение, которое привыкло к неизменяющимся условиям среды, с определенным процентом влажности и показателем температуры начинает терять листья, останавливаться в росте, а затем может погибнуть. Поэтому для адаптации растений пересадку требуется провести сначала в теплице, а затем материал переводят в условия открытого грунта (Лутова, 2010).

Тема 3. Питательные среды для культивирования меристем растений в условиях *in vitro*

Компоненты среды для выращивания растительных клеток и тканей можно разделить на две основные группы – органические и неорганические соединения.

К неорганическим соединениям относятся:

- минеральные соли (макро- и микроэлементы);
- источники железа (обычно в хеллатной форме).

Органические соединения питательной среды состоят из:

- источника углеводного питания (обычно сахароза или глюкоза);
- витаминов (чаще всего используют В₁, В₆, РР и С);
- растительных экстрактов;
- фитогормонов (ауксины, цитокинины и гибберелины) – для роста и дифференцировки любых растительных клеток.

Основой для всех питательных сред для культивирования растительных эксплантов являются соединения азота в виде нитратов, нитритов, солей аммония; фосфора – в виде фосфатов; серы – в виде сульфатов, а также растворимых солей К⁺, Na⁺, Са⁺⁺, Mg⁺⁺. Железо используется в виде хелатов (сернокислое железо + ЭДТА).

Азот, фосфор, сера входят в состав органических соединений: белков, жиров, нуклеиновых кислот. Железо, цинк, марганец, молибден, кобальт образуют макромолекулы пигментов фотосинтеза (хлорофилла). Следовательно, все эти соединения выполняют в клетках и тканях структурную функцию.

В качестве источника углерода для биологических макромолекул, в питательные среды добавляют дисахариды (сахароза), моносахариды (гексозы: глюкоза и фруктоза и др.)

Для стимуляции биохимических реакций в клетке используют витамины группы В (В₁, В₆, В₁₂), С, РР, мезоинозит.

В питательных средах для клонального размножения растений чаще используют гормоны, стимулирующие рост и развитие: ауксины, цитокинины, гиббереллины.

Для приготовления твердых питательных сред в качестве уплотняющего вещества используют агар-агар – полисахарид, получаемый из морских водорослей, который при рН 5,6-6,0 образует с водой гель, плавящийся при 100 °С и затвердевающий при 45 °С (Высоцкий, 1998).

Важным фактором, определяющим эффективность культивирования, является рН питательной среды. Неоправданно высокий, равно как заниженный уровень рН приводит к тому,

что после стерилизации при высокой температуре среда плохо застывает и не обеспечивает необходимую пространственную ориентацию эксплантов и оптимальный ионно-протонный обмен.

Изолированные клетки и ткани культивируют на многокомпонентных питательных средах. Они отличаются по составу, но, в состав всех сред входят необходимые растениям макро- и микроэлементы, углеводы, витамины, фитогормоны и их синтетические аналоги.

Углеводы (сахароза или глюкоза) входят в состав любой питательной смеси в концентрации 2–3 %. Они необходимы в качестве питательного компонента, так как большинство каллусных тканей лишено хлорофилла и неспособно к автотрофному питанию. Поэтому их выращивают в условиях рассеянного освещения или в темноте.

Обязательными компонентами питательных сред должны быть ауксины, вызывающие дедифференцировку клеток экспланта и цитокинины, индуцирующие клеточные деления.

При изменении соотношения между этими фитогормонами и при добавлении других фитогормонов может быть вызвано разное развитие органов растений.

При культивировании клеток и тканей растений в условиях *in vitro* в основном используют среды Мурасиге Скуга, Гамборга и др. (табл. 4) (Бутенко, 1999).

Таблица 4

Состав питательных сред, применяемых при культивировании клеток и тканей

Компонент	Концентрация			
	Мурасиге и Скуга, 1962	Гамборга и Эвелега, 1968	Уайта, 1939	Нача и Нич, 1974-1975
KNO ₃	1900	3000	81	950
NH ₄ NO ₃	1650	-	-	72
Ca(NO ₃) ₂	-	-	142	-
Ca(NO ₃) ₂ × 4H ₂ O	-	-	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	134	-	-
MgSO ₄ × 7H ₂ O	370	500	74	185
CaCl ₂ × H ₂ O	-	-	-	166
CaCl ₂ × 2H ₂ O	440	150	-	-
KCl	-	-	65	-
KH ₂ PO ₄	170	-	12	68
NaH ₂ PO ₄ × H ₂ O	-	150	-	-
MnSO ₄ × H ₂ O	-	10	-	-
MnSO ₄ × 4H ₂ O	22,3	-	-	25
ZnSO ₄ × 4H ₂ O	8,6	-	-	-
ZnSO ₄ × 7H ₂ O	-	2	-	10
H ₃ BO ₃	6,2	3	-	10
CuSO ₄ × 5H ₂ O	0,025	0,075	-	0,025
Na ₂ MoO ₄ × 2H ₂ O	0,25	0,25	-	0,25
CoCl ₂ × 6H ₂ O	27,8	-	-	27,8
FeSO ₄ × 7H ₂ O	37,8	-	-	37,3
NaЭДТА × 2H ₂ O	-	28	-	-
Секвестрен	100	-	-	200
Мезоинозит	-	-	-	3
Аскорбиновая кислота	-	-	-	3
Тиамин гидрохлорид	0,5	-	-	1
Пиридоксин гидрохлорид	0,5	-	-	-
Никотиновая кислота	0,5	-	-	60000
Сахароза	30000	20000	2000	7000

Среда Мурасиге и Скуга используется для образования каллусов, поддержания неорганизованного каллусного роста, индукции морфогенеза у большинства двудольных растений. Так, изменение соотношения ауксина и кинетина приводит к образованию корней (преобладание ауксина) или стеблевых культур (преобладание кинетина).

Среда Гамборга и Эвелега подходит для культивирования клеток и тканей бобовых растений и злаков, среда Уайта обеспечивает укоренение побегов и нормальный рост стебля после регенерации, а среда Нича и Нич пригодна для андрогенеза в культуре пыльников (Картель, 2005).

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Модуль I. Общая и частная биология

Раздел 1. Введение. Общая биология:

1. Анохин П. К. Очерки о физиологии функциональных систем. М. : Медицина, 1975. 447 с.
2. Банников А. Г., Вакулин А. А., Рустамов А. К. Основы экологии и охраны окружающей среды. М. : Колос, 1999. 304 с.
3. Волькенштейн М. В. Молекулы и жизнь. М. : Наука, 1965. 504 с.
4. Гиляров А. М. Популяционная экология. М. : Изд-во МГУ, 1990. 191 с.
5. Мамонтов С. Б., Захаров В. Б., Козлова Т. А. Биология : учеб. М. : Академия, 2014. 512 с.
6. Петров К. М. Общая экология. СПб. : Химиздат, 2000, 351 с.
7. Слюсарев А. А. Биология с общей генетикой. М. : Альянс, 2015. 472 с.
8. Стадницкий Г. В. Экология. СПб. : Химиздат, 2002, 285 с.
9. Степановских А. С. Общая экология : учеб. М. : Юнити-Дана. 2012. 687 с.
10. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. Биология : в 3 т. / под ред. Р. Сопера. Лаборатория знаний. 2016. 1340 с.
11. Фаллер Д. М., Шилдс Д. Молекулярная биология клетки / пер. с англ. А. Анваера, Ю. Бородиной, К. Кашкина. М. : Бином, 2016. 256 с.
12. Федотова Ю. О. Общая биология : учеб. пособие. СПб. : Университет ИТМО, 2017. 63 с.
13. Чернова Н. М., Былова А. М. Общая экология. М. : Дрофа, 2004. 416 с.
14. Яблоков А. В. Популяционная биология. М. : Высш. шк., 1987. 303 с.
15. Ярыгин В. Н. Биология : учеб. : в 2-х т. М. : ГЭОТАР-Медицина, 2015. 1296 с.

Раздел 2. Цитология и гистология:

16. Берсенева С. А. Лабораторный практикум по ботанике. Ч. 1: Анатомия и морфология растений. Уссурийск : ПГСХА, 2015. 242 с.
17. Верещагина В. А. Цитология : учеб. М. : Академия, 2012. 176 с.
18. Голованова Т. И., Сетков Н. А., Боровкова Г. И. [и др.]. Цитология с основами гистологии : лаб. практикум. Красноярск : ИПК СФУ, 2009. 86 с.
19. Гунин А. Г. Гистология в схемах и таблицах. М. : Практическая медицина, 2017. 288 с.
20. Карпеева Е. А., Ильина Н. А., Недошивина С. В. Цитология : учеб. пособие. Ульяновск : УлГПУ им. И. Н. Ульянова, 2012. 136 с.
21. Криворотов С. Б., Чукуриды С. С., Мордалев В. М., Москвитин С. А., Шнурникова Г. В., Сионова Н. А. Морфология вегетативных органов растений. Краснодар : КубГАУ, 2011. 64 с.
22. Николис Д. С. Динамика иерархических систем: Эволюционное представление / пер. с англ. Мир, 1989.
23. Одум Ю. Экология. Рипол Классик, 1986.
24. Садчикова Е. В., Селезнева И. С. Строение клетки. Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 38 с.
25. Свенсон К., Уэбстер П. Клетка. М. : Мир, 1980. 304 с.
26. Сергеева Т. Н., Сергеев В. Г. Биология размножения и развития : учеб.-метод. пособие. Ижевск : Изд-во «Удмуртский университет», 2014. 72 с.
27. Студеникина Т. М., Жарикова Н. А., Китель В. В. Основы гистологии, цитологии, эмбриологии : учеб.-метод. пособие. Минск : БГМУ, 2014. 152 с.
28. Федотов Д. Н. Общая ветеринарная гистология : учеб.-метод. пособие. Витебск : ВГАВМ, 2019. 56 с.
29. Цитология, гистология и эмбриология : краткий курс лекций / сост.: В. В. Салаутин, И. В. Зирук // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2017. 144 с.

Раздел 3. Многообразие организмов

Ботаника низших растений. Микология:

30. Ларькина Т. П. Ботанический практикум : учеб. пособие / Т. П. Ларькина, Н. Л. Колесникова ; М-во с-х. РФ ; ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. Пермь : Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2012. 162 с.

31. Макаренко Э. Н., Походенко М. В., Хачатурова А. А. Краткий курс ботаники для бакалавров : учеб. пособие. Ставрополь : Изд-во СтГМУ. 2013. 93 с.

Ботаника семенных и цветковых растений:

32. Бавтуто Г. А., Еремин В. М. Ботаника: Морфология и анатомия растений : учеб. пособие. Минск : Высш. шк., 1997. 375 с.

33. Барабанов Е. И., Зайчикова С. Г. Ботаника : учеб. 2-е изд., стер. М. : Академия, 2007. 448 с.

34. Билич Г. Л., Крыжановский В. А. Биология. Полный курс : в 3-х т. Т. 2. Ботаника. М. : ОНИКС 21 век, 2002. 544 с.

35. Долгачева, В. С., Алексахина Е. М. Ботаника : учеб. пособие. М. : Академия, 2003. 416 с.

36. Яковлев Г. П., Челомбитько В. А. Ботаника : учеб. М. : Высш. шк., 1990. 367 с.

Зоология беспозвоночных:

37. Беклемишев В. Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных. М. : Наука, 1964. Т. 1. 432 с.; Т. 2. 456 с.

38. Дмитриенко В. К. Науки о биологическом многообразии: зоология беспозвоночных : конспект лекций. Электрон. дан. (4 Мб). Красноярск : ИПК СФУ, 2009. 181 с.

39. Догель В. А. Зоология беспозвоночных. М. : Высш. шк., 1981. 606 с.

40. Иванов А. В. Происхождение многоклеточных животных. Л. : Наука, 1968. 287 с.

41. Островерхова Г. П. Зоология беспозвоночных. Томск : Изд-во Том. унта, 2005. 660 с.

42. Пастернак Р. К. Жизнь животных: в семи томах. Т. 2. М. : Просвещение, 1988. 448 с.

43. Пастернак Р. К. Жизнь животных: в семи томах. Т. 3. М. : Просвещение, 1984. 463 с.

44. Шарова И. Х. Зоология беспозвоночных. М. : Гуманит. ИЦ ВЛАДОС, 1999. 529 с.

45. Щербаков М. В., Максимова Ю. В., Субботина Е. Ю. Малый практикум по зоологии беспозвоночных : учеб.-метод. пособие. Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та, 2015. 172 с.

Зоология позвоночных:

46. Дрофеев С. А. Зоология позвоночных (низшие хордовые и анимнии): учеб.-метод. комплекс. Витебск : УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2009. 134 с.

47. Зоология позвоночных: теория и практика : учеб.-метод. пособие / Н. В. Погодина, В. А. Коровин, О. С. Загайнова, О. С. Госькова. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. 104 с.

48. Наумов Н. П., Карташев Н. Н. Зоология позвоночных. Ч. 1. Низшие хордовые. Беспчелюстные, рыбы, земноводные : учеб. М. : Высш. шк., 1979. 333 с.

49. Наумов Н. П., Карташев Н. Н. Зоология позвоночных. Ч. 2. Пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие : учеб. М. : Высш. шк., 1979. 272 с.

50. Практикум по зоологии позвоночных : учеб. пособие / В. П. Мальцев, Н. А. Белоусова. Челябинск : Изд-во: ЗАО «Библиотека А. Миллера», 2019. 107 с.

Модуль II. Агробиотехнологии и ситифермерство

51. Tigrík M. Основы гидропоники // Hydroponic Journal. 2011. №1. С. 11–33.

52. Аутко А. А. [и др.]. Современные технологии в овощеводстве. Минск : Белорусская наука, 2012. 490 с.

53. Аюпов М. Р., Ракутько С. А. О возможности коррекции спектра натриевой лампы с помощью светодиодного источника под требования светокультуры // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства, 2018. № 1. С. 9.

54. Барабаш И. П. [и др.]. Овощеводство защищенного грунта : учеб. практикум. Ставрополь : Ставрополь. гос. аграр. ун-т ; Параграф, 2014. 80 с.

55. Бурвель И. С. Овощеводство : учеб. пособие. Минск : Республикан. ин-т профессионал. обр., 2017. 248 с.
56. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе : учеб. пособие. М. : ФБК-ПРЕСС, 1999. 160 с.
57. Влияние искусственного солнечного света на рост и развитие растений-регенерантов *Solanum tuberosum* [Электронный ресурс] / Е. П. Субботин [и др.]. Электрон. текстовые дан. Владивосток: ДВО РАН, 2018. Режим доступа: https://www.researchgate.net/profile/Evgeniy_Subbotin2/publication/326182909, свободный.
58. Высоцкий В. А. Биотехнологические методы в системе производства оздоровленного посадочного материала плодовыхгодных культур : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 1998. 44 с.
59. Долгих П. П. Энергосберегающие облучательные установки для сооружений защищенного грунта. Красноярск : Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2006. 108 с.
60. Егорова Т. А., Клунова С. М., Живухина Е. А. Основы биотехнологии : учеб. пособие для высш. пед. учеб. заведений. М.: Академия, 2003. 208 с.
61. Ефремов Н.И. Описание лабораторной установки по оценке влияния интенсивности искусственного освещения на продуктивность листового салата // Вестник Марий. гос. ун-та, 2014. № 2. С. 30–32.
62. Зальцер Э. Гидропоника для любителей. М. : Книга по Требованию, 2012. 160 с.
63. Защита растений: фитопатология и энтомология : учеб. / О. О. Белошапкина [и др.]. Ростов на Дону : Феникс, 2017. 477 с.
64. Зильбернагель В. В., Зильбернагель А. В. Эффективность энергосбережения компактными люминесцентными лампами // Вестн. Омск. гос. аграр. ун-та, 2011. № 3. С. 4.
65. Калинин Ф. Л., Сарнацкая В. В., Полищук В. Е. Методы культуры ткани в физиологии и биохимии растений. Киев : Наукова думка, 1980. 488 с.
66. Картель Н. А., Кильчевский А. В. Биотехнология в растениеводстве. Минск : Тэхналогія, 2005. 310 с.
67. Катаева Н. В., Бутенко Р. Г. Клональное микроразмножение. М. : Наука, 1983. 96 с.
68. Лутова Л. А. Биотехнология высших растений. СПб. : Изд-во С. Петерб. ун-та, 2010. 240 с.
69. Любова С. В., Кудрявцева М. А. Технология выращивания салата в защищенном грунте архангельской области // Вестн. Краснояр. гос. аграр. ун-та, 2012. № 4. С. 71–74.
70. Методы биотехнологии в селекции, размножении и сохранении генофонда растений [Текст] : моногр. / Н. А. Вечернина, О. К. Таварткиладзе ; М-во образования и науки РФ ; Алтайский гос. ун-т. Барнаул : Изд-во Алтай. гос. ун-та, 2014. 250 с.
71. Сафонова Е. В. Виды субстратов для овощей в защищенном грунте // Инновационная наука, 2015. № 7. С. 38–41.
72. Селиванова М. В. Овощеводство защищенного грунта : учеб. пособие. Ставрополь : Ставропол. гос. аграр. ун-тет, 2014. 80 с.
73. Семеноведение сельскохозяйственных растений : учеб. пособие / Н. Н. Яркова, В. М. Федорова ; М-во с.-х. РФ ; ФГБОУ ВО «Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д. Н. Прянишникова». Пермь : Прокрость, 2016. 116 с.
74. Трифанова, М.Ф., Копытко П.Г., Ещенко В.Е. Основы опытного дела в растениеводстве. М.: Колос, 2013. 125 с.
75. Трунов Ю. В. [и др.]. Плодоводство и овощеводство. СПб. : Квадро, 2021. 480 с. Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/103121.html>.
76. Тексье У. Гидропоника для всех. Все о садоводстве на дому. Париж : Mama Editions, 2013. 237 с.
77. Федоренко В. Ф., Колчина М. Л., Горячева И. С. Мировые тенденции технологического развития производства овощей в защищенном грунте. М. : Юрайт, 2019. 199 с.
78. Цяо Я. Биопрепараты в защите растений // Молодеж. вестн. дальневосточ. аграр. науки : сб. науч. трудов. Благовещенск, 2018. С. 32–42.

79. Чернышева Н. Н. Практикум по овощеводству : учеб. пособие. М. : ФОРУМ, 2021. 288 с.
80. Экологическая биохимия растений: химические и биохимические методы анализа : метод. рекомендации / С. Н. Русак [и др.] ; Сургут. гос. Ун-т ХМАО – Югры. – Сургут : ИЦ СурГУ, 2012. – 39 с.
81. Сравнение основных гидропонных систем [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://toeplitz.ru/hydro/sravnenie-osnovnyh-gidropnyh-sistem.html>.

Учебное издание

СИТИ-ФЕРМЕРСТВО.
АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ

Методические рекомендации
для преподавателей по реализации
дополнительной общеразвивающей программы

Составители:
Сарапульцева Екатерина Сергеевна,
Кравченко Вероника Николаевна,
Буржумова Эмина Замировна

Редактор М. Г. Азнагулова
Верстка Н. В. Шадринной

Подписано в печать 22.06.2022. Формат 60 × 84/8
Усл. печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 6,9. Тираж 200. Заказ № 191

Оригинал-макет подготовлен и отпечатан
в Издательском центре СурГУ
Тел. (3462) 76-30-65, 76-30-66, 76-30-67

БУ ВО «Сургутский государственный университет»
628400, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ,
г. Сургут, пр. Ленина, 1
Тел. (3462) 76-29-00, факс (3462) 76-29-29

СИТИ-ФЕРМЕРСТВО. АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ПО РЕАЛИЗАЦИИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩЕЙ
ПРОГРАММЫ**

Сургут
2022