

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства
(БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ)



УТВЕРЖДАЮ:

Директор Биологического института

_____ Д.С. Воробьев

« 28 » марта 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

Физиология растений

по направлению подготовки

06.03.01 Биология

Направленность (профиль) подготовки:

«Биология»

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2021

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.30

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

_____ Д.С. Воробьев

Председатель УМК

_____ А.Л. Борисенко

Томск – 2022

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 – способность применять принципы структурно-функциональной организации, использовать физиологические, цитологические, биохимические, биофизические методы анализа для оценки и коррекции состояния живых объектов и мониторинга среды их обитания

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

– ИОПК-2.1 – демонстрирует понимание принципов структурно-функциональной организации живых систем;

– ИОПК-2.2. – знает основы физиологических явлений, необходимые для освоения и применения современных физиологических, цитологических, биохимических, биофизических методов решений профессиональных задач.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить теоретические основы и основные методы физиологии регуляторных систем, применение полученных знаний и навыков в решении профессиональных задач.

– Научиться применять понятийный аппарат, анализировать и разрабатывать способы регуляции жизнедеятельности растений для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 5, экзамен.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования по следующим дисциплинам: физики, химии, биохимии, генетики, цитологии, ботаники.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

– лекции: 32 ч.;

– семинарские занятия: 12 ч.

– лабораторные работы: 56 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. *Введение. Физиология растительной клетки.*

1.1 Предмет. Основные этапы развития физиологии растений в России и Томском университете. Роль физиологии растений в развитии биотехнологии и место физиологии в смежных дисциплинах. Роль физиологии растений в дальнейшем развитии биологической науки и подъеме продуктивности сельского хозяйства. Нерешенные проблемы и перспективы дальнейшего развития физиологии растений.

1.2 Структура и функции органоидов клетки, цитоплазмы и биологических мембран. Раздражимость, эластичность, вязкость и движения цитоплазмы и значение их явлений в жизни клетки. Внутриклеточные системы регуляции. Тотипотентность

растительной клетки. Регенерация целого растения. Понятие о биоэнергетике клетки. Проницаемость протоплазмы, природа проницаемости через мембраны. Значение в транспорте ионов электрохимического потенциала мембран. Ионные насосы, каналы и транспортеры. Особенности действия ферментов в живой клетке растения. Компарментация и ее роль в биохимических реакциях в клетке.

Тема 2. *Водообмен растений.*

2.1 Поглощение воды растительной клеткой. Осмос, водный потенциал клетки, тургорное и осмотическое давление. Количество и состояние воды в тканях растений. Физиологическая роль воды. Корневое давление. Гуттация и «плач» растений. Влияние внешних условий на всасывание воды растением. Состояния воды в почве. Значение почвенной структуры для водоснабжения растений.

2.2 Транспирация и ее физиологическое значение. Методы изучения транспирации. Количественные показатели, характеризующие процесс транспирации: интенсивность, продуктивность транспирации и транспирационный коэффициент. Устьичная и кутикулярная транспирация. Устьица. Устьичная регуляция транспирации. Влияние на транспирацию и ее продуктивность внешних условий. Механизм передвижения воды по растению. Ток воды по сосудам. Верхний и нижний двигатели водного тока. Натяжение воды в сосудах, значение межмолекулярного сцепления и градиента потенциала воды в клетках и тканях в транспорте воды.

Тема 3. *Фотосинтез растений.*

3.1 История открытия фотосинтеза. Особенности строения листа и их значение для процессов фотосинтеза. Хлоропласты, их строение. Классификация пигментов в растении. Пигменты хлоропластов: хлорофиллы, каротиноиды, фикобилины. Особенности их строения. Физические свойства пигментов: растворимость, спектры поглощения, флуоресценция. Структурные и химические свойства хлорофиллов. Значение для фотосинтеза различных участков солнечного спектра.

3.2 Эффективность использования света в фотосинтезе. Квантовый выход фотосинтеза (работы Варбурга и др.). Современные представления о химической природе процессов фотосинтеза. Первичные реакции фотосинтеза. Активация хлорофилла светом. Обратимые окислительно-восстановительные превращения хлорофилла. Две фотохимические пигментные системы. Циклическое, нециклическое и псевдоциклическое фотофосфорилирование. Фотосинтез как сочетание световых и темновых химических реакций. Происхождение кислорода фотосинтеза.

3.3 Ассимиляция углерода по типу C_3 , C_4 и САМ у разных растений. Природа первичных продуктов фотосинтеза. Использование радиоактивных изотопов в исследованиях по фотосинтезу. Фотодыхание, реакции, протекающие в пероксисомах.

3.4 Количественные показатели процесса фотосинтеза: интенсивность и продуктивность фотосинтеза. Методы их определения. Зависимость фотосинтеза от внешних условий, а также от внутренних особенностей и состояния растений. Компенсационная точка при фотосинтезе и ее зависимость от биологических свойств организма. Ассимиляционное число как характеристика участия хлорофилла в фотосинтезе. Пути повышения и продуктивности фотосинтеза. Культура растений в условиях искусственного освещения (светокультура). Промышленное растениеводство. Передвижение ассимилятов в растении. Аттрагирующие зоны и центры, их изменение в онтогенезе растений.

Тема 4. *Дыхание растений.*

4.1 Дыхание как ведущий окислительно-восстановительный процесс, его роль в тканях зеленого растения. Развитие представление о химической сущности процессов дыхания и брожения. Связь между дыханием и брожением. Гликолиз, цикл Кребса.

Ферментативные системы дыхания. Окислительно-восстановительный потенциал различных переносчиков водорода и электрона. Терминальные оксидазы. Особенности пентозного цикла дыхания. Энергетика дыхания. Окислительное фосфорилирование. Значение в жизни растений различных путей окисления субстрата. Количественные показатели дыхательного газообмена. Методы изучения дыхания. Дыхательный коэффициент. Зависимость дыхания от биологических свойств организма и условий развития.

Тема 5. *Минеральное питание растений.*

5.1 Теоретическое и практическое значение изучения корневого питания растений. Основные этапы развития учения о корневом питании. Полевые и лабораторные методы изучения вопросов питания растений. Макро- и микроэлементы. Физиологическая роль минеральных элементов в растении и нарушения, возникающие при отсутствии отдельных минеральных элементов. Поглощение растением элементов минерального питания. Усвоение и источники азота для питания высших растений. Формы соединений азота в почве и их превращения. Нитраты, аммиачные соли и особенности их использования различными растениями по работам Прянишникова. Азотное питание растений в зависимости от характера почвы. Превращения азота при синтезе белковых веществ в растении. Переаминирование и его роль. Потребление минеральных веществ разными видами растений в различные периоды жизни.

5.2 Биогеохимические провинции. Физиологическое обоснование основных и дополнительных удобрений (подкормок). Некорневое минеральное питание растений, его теоретическое и практическое значение при интенсивной технологии выращивания растений.

Тема 6. *Физиология развития и роста растений.*

6.1 Понятие об индивидуальном развитии растений. Взаимосвязь развития и роста. Характеристика роста растений. Кривая роста. Показатели, характеризующие рост, и методы их определения. Фазы роста клеток. Фитогормоны и ингибиторы и их химические аналоги. Ауксины, гиббереллины и цитокинины, их роль в ростовых процессах. Ингибиторы – абсцизовая кислота, этилен, фенолы и др. соединения.

6.2 Влияние факторов внешней среды на рост и развитие растений. Влияние света на рост растений. Этиоляция. Фотопериодизм. Фитохром, криптохром и фототропин, их участие в физиологических процессах. Работы М. Чайлахяна о физиологических особенностях растений разных фотопериодических групп. Дифференциация пола у растений. «Физиологические часы» – (биоритмы) – циркадианные ритмы растений. Теория цветения ABCDE. Старение и период покоя растений. Этапы периода покоя, их физиологическая характеристика. Использование регуляторов роста в сельском хозяйстве, стимуляция и торможение роста, гербицидное действие, дозаривание плодов, использование ретардантов. Движения растений, их характеристика и биологическое значение.

Тема 7. *Физиология устойчивости растений.*

7.1 Виды и формы устойчивости растений. Засухоустойчивость и жароустойчивость. Устойчивость к затоплению. Физиолого-биохимическая природа холодостойкости и морозостойкости растений. Закаливание растений и его физиологическая природа. Фазы закаливания. Зимостойкость растений и ее влияние на условия существования растений (состояние почвы, агротехника, условия питания). Влияние на растения избытка солей (солеустойчивость). Методы борьбы с засолением. Галофиты. Пути повышения солеустойчивости растений. Влияние на растения загрязнений воздуха. Устойчивость растений к загрязнению воздуха.

7.2 Физиолого-биохимические основы устойчивости высших растений к патогенным микроорганизмам. Иммуитет растений. Конституционные и индуцированные механизмы защиты растений. Теории Вавилова, Флора и др. Фитоалексины, фитоантисипины, фитонциды. Пути повышения устойчивости растений к инфекционным и неинфекционным заболеваниям.

Темы и краткое содержание лабораторных занятий дисциплины «Физиология растений».

Тема 1. Физиология растительной клетки, осмотические свойства клетки

Занятие 1. Физиология растительной клетки

Определение скорости движения цитоплазмы. Окрашивание живых и мертвых клеток нейтральным красным. Изучение вязкости цитоплазмы растительной клетки в зависимости от физиологического состояния клеток и присутствии ионов калия и кальция.

Занятие 2. Осмотические свойства растительной клетки

Явление осмоса. Тургор растительной клетки. Явление плазмолиза и деплазмолиза. Проницаемость живой и мертвой цитоплазмы. Определение водного потенциала растительных тканей плазмолитическим методом и методом Уршпрунга.

Контрольная работа: «Осмотические свойства клетки растительной клетки».

Тема 2. Водный обмен. Транспирация растений

Занятие 3.

Определение интенсивности транспирации весовым методом. Подсчет числа устьиц. Наблюдение за движением устьиц. Барьерная роль кутикулы. Определение водоудерживающей способности растений.

Контрольная работа: «Транспирация».

Тема 3. Фотосинтез растений

Занятие 4. Пигменты листа, их свойства

Пигменты фотосинтеза и их свойства. Хроматографическое разделение смеси фотосинтетических пигментов. Физико-химические свойства хлорофиллов и каротиноидов.

Занятие 5. Световая стадия фотосинтеза

Обнаружение процессов фотосинтеза. Зависимость интенсивности фотосинтеза от освещенности листьев и температуры окружающей среды.

Контрольная работа: «Пигменты фотосинтеза. Световая стадия фотосинтеза».

Занятие 6.

Выделение активных хлоропластов. Количественное определение содержания фотосинтетических пигментов или определение фотохимической активности хлоропластов.

Контрольная работа: «Темновая стадия фотосинтеза. Экология фотосинтеза».

Тема 4. Дыхание растений

Занятие 7. Изучение ферментных систем дыхания.

Определение дыхательного коэффициента. Определение активности каталазы в семенах и листьях элодеи. Количественное определение активности полифенолоксидазы и пероксидазы. Обнаружение дегидраз у дрожжей.

Контрольная работа: «Дыхание растений».

Тема 5. Превращение органических веществ в растении

Занятие 8.

Образование сахара в листьях растения при фотосинтезе. Открытие крахмала и белков, образующихся при фотосинтезе. Обнаружение вторичных веществ у древесных растений. Обнаружение амилазы в прорастающих семенах. Превращение веществ при прорастании семян.

Контрольная работа: «Превращение органических веществ в растении, Транспорт ассимилятов».

Тема 6. Рост и развитие растений

Занятие 9. Рост растений. Планирование и постановка экспериментов

Планирование и постановка экспериментов. Определение зоны роста корня и стебля. Наблюдение за геотропическими изгибами корней. Настические изгибы черешков листьев под действием гетероауксина. Действие разных концентраций раствора гетероауксина на рост корней. Влияние аэрации на рост растений. Зависимость размеров растения от количества запасных веществ в семенах.

Занятие 10. Рост растений. Измерение показателей и анализ результатов экспериментов.

Измерение показателей и анализ результатов экспериментов по определению зоны роста корня, стебля; геотропического изгиба корней; действию гетероауксина на прорастание семян и рост проростков; влияния аэрации на рост растений; зависимости величины растений от количества запасных веществ.

Контрольная работа: «Рост и развитие растений».

Тема 7. Минеральное питание растений

Занятие 11. Влияние минерального питания на рост растений

Влияние обеспеченности макроэлементами на рост и развитие растений. Определение объема корневой системы. Адсорбирующая деятельность корней. Антагонизм ионов.

Занятие 12. Химический состав растений

Микрохимический анализ золы растений. Определение сдвига pH раствора в результате поглощения разных ионов из питательного раствора. Обнаружение нитратов в растениях.

Контрольная работа: «Минеральное питание растений».

Тема 8. Устойчивость растений к экстремальным воздействиям

Занятие 13. Влияние температуры на растение и механизмы защиты

Влияние температуры и реакции среды на активность сахаразы. Защитное действие сахара на цитоплазму при замораживании. Определение жаростойкости растений. Фитонцидная активность растений.

Тема 9. Инструментальные методы в физиологии растений

Занятие 14. Метод ПЦР.

Метод ПЦР. Сущность метода. Этапы проведения реакции. Области применения.

Контрольная работа: «Физиологические основы устойчивости растений».

Темы семинарских занятий дисциплины «Физиология растений»

Тема 1. Фотосинтез растений: Световая и темновая стадии фотосинтеза. Экология фотосинтеза.

Тема 2. Дыхание растений. Экология дыхания.

Тема 3. Минеральное питание растений. Роль в формировании габитуса и устойчивости растений.

Тема 4. Физиология развития и роста растений. Экология развития растений.

Тема 5. Физиология устойчивости растений. Использование в практике.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, решения ситуационных задач внутри темы, выполнения домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в пятом семестре проводится в устной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей (теоретические вопросы). Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть включает вопросы, проверяющие достижение индикаторов ИОПК-2.1. Ответ на вопрос первой части дается в развернутой форме.

Вторая часть включает вопросы, проверяющие достижение индикаторов ИОПК-2.2. Ответ на вопрос второй части дается в развернутой форме.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Физиология растений, предмет, цели и задачи, связь науки с другими науками.
2. История развития физиологии в России и ТГУ.
3. Клетка как структурная и функциональная единица растительного организма. Ее особенности строения и функции.
4. Особенности жизнедеятельности растительного организма.
5. Хлоропласт, строение, происхождение и биогенез.
6. Фотосинтетические пигменты, их роль в фотосинтезе.
7. Световая стадия фотосинтеза и ее продукты. Фотосинтетическая единица. Фотосистема. ЭТЦ фотосинтеза.
8. Темновая стадия фотосинтеза и ее продукты. С3-, С4- и МОКТ- метаболизм углерода.
9. Фотосинтез как основа продуктивности с.-х. растений.
10. Экология фотосинтеза растений.
11. Роль дыхания в жизни растений.
12. Функции гликолиза и цикла Кребса растений.
13. Сходство и различия фотофосфорилирования и окислительного фосфорилирования.
14. Экология дыхания растений.
15. Значение воды в жизнедеятельности растительного организма.
16. Водный баланс растений.
17. Поглощение воды растением.
18. Транспирация, биологическое значение.
19. Макроэлементы, их физиологическая роль в растении.
20. Микроэлементы, их физиологическая роль в растении.
21. Биогеохимические провинции.
22. Рост и развитие растений.
23. Характеристика ростовых реакций. Большая кривая роста.
24. Покой растений. Методы снятия покоя.
25. Фитогормоны – эндогенные регуляторы роста и развития целостного растения.

26. Регуляторная роль света. Фитохром, криптохром и фототропины.
27. Движения растений: тропизмы, настии и нутации.
28. Фотопериодические группы растений.
29. Биологические ритмы жизнедеятельности растений.
30. Устойчивость растений к факторам среды.
31. Холодоустойчивость и морозоустойчивость растений.
32. Зимостойкость растений.
33. Приспособление растений к высоким положительным температурам.
34. Засухоустойчивость растений.
35. Солеустойчивость растений.
36. Использование физиологических методов и показателей в селекционном процессе, технологии возделывания с.-х. культур.
37. Иммуитет растений. Фитонциды и фитоалексины.

Билет

1. Фотосинтетические пигменты, их роль в фотосинтезе. Методы определения содержания пигментов в растении.
2. Засухоустойчивость растений. Приведите примеры использования физиологических методов и показателей в технологии возделывания с.-х. культур при засухе.

Допуск к экзамену производится при условии успешного выполнения всех лабораторных работ, контрольных работ, семинарских заданий и тестов по лекционному материалу в процессе текущего контроля. За каждое задание выставляется оценка по пятибалльной системе.

При проведении промежуточной аттестации оценки текущего контроля учитываются следующим образом: итоговая оценка вычисляется как среднее арифметическое значение оценок за текущий контроль и за устный экзамен.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=16957>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) План семинарских занятий по дисциплине.
- г) Методические указания по проведению лабораторных работ.
- д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

- а) основная литература:
 - Алехина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. и др. Физиология растений: учебник для вузов по биологическим специальностям и направлению 510600 "Биология"/ под ред. И.П. Ермакова. – М.: Академия, 2007. – 634 с.
 - Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. Т. 1: учебник для академического бакалавриата: по направлениям "Агрохимия и агропочвоведение", "Агрономия" и направлениям подготовки дипломированных специалистов "Агрохимия и агропочвоведение", "Агрономия": для студентов вузов по естественнонаучным направлениям и специальностям: в 2 т. – М.: Юрайт, 2016. – 436 с.

- Малый практикум по физиологии растений : учебно-методическое пособие для биологических специальностей вузов / М. В. Ефимова, И. Ф. Головацкая, Е. С. Гвоздева, М. А. Большакова ; Том. гос. ун-т, [Биологический институт]. - Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000633508>.

б) дополнительная литература:

- Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки "Агрономия", "Садоводство", "Агрохимия и агропочвоведение" по программам магистратуры /Е.И. Кошкин. – М.: Дрофа, 2010. – 638 с.

- Маркарова Е.Н. Физиология корневого питания растений. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 102 с.

- Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки дипломированных специалистов "Агрохимия и агропочвоведение", "Агрономия". – М.: Высшая школа, 2006. – 741 с. <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000248773/000248773.pdf>

- Зитте П., Вайлер Э.В., Кадерайт Й.В., Брезински А., Кёрнер К. Ботаника. Учебник для вузов. Т.2. Физиология растений / Под ред. В.В. Чуба. – М.: Издат центр: Академия, 2008.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы: <https://teach-in.ru/lecture/2018-10-17-Nosov>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

в) профессиональные базы данных:

– Физиология растений: журнал /Рос. АН, Ин-т физиологии растений им. К. А. Тимирязева М.: Наука, 1954–2020 – Доступ к электронной версии журнала в сети ТГУ через Электронную библиотеку eLIBRARY.RU – <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8253>

– Агрохимия : журнал/ Рос. АН – Доступ к электронной версии журнала в сети ТГУ через Электронную библиотеку eLIBRARY.RU – <https://www.elibrary.ru/contents.asp?selid=18128183&issueid=1053227>

– Сельскохозяйственная биология журнал : журнал/ АНО Редакция журнала "Сельскохозяйственная биология" – Доступ к электронной версии журнала в сети ТГУ

через Электронную библиотеку eLIBRARY.RU –
<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=9092>
– Plant Physiology – <http://www.plantphysiol.org>
– Plant and Cell Physiology Oxford Journals – <http://pcp.oxfordjournals.org>
– Plant and Soil – <https://www.springer.com/journal/11104>
– Plant, Soil and Environment – <https://www.agriculturejournals.cz/web/pse/>
– Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science –
<https://www.tandfonline.com/journals/sagb20>
– Journal of Soil Science and Plant Nutrition –
<https://www.springer.com/journal/42729>
– International Journal of Plant & Soil Science –
<https://www.journalijpss.com/index.php/IJPSS>
– научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. – <http://www.elibrary.ru>
– реферативный журнал Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ) – <http://www.viniti.ru>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Лаборатории, оборудованные для проведения лабораторных занятий: стерилизационный шкаф, термостат, вытяжные шкафы, дистиллятор, холодильник, весы электронные, спектрофотометр, фотоэлектроколориметр, центрифуга, микроскопы, автоматические пипетки, плитка, химическая посуда, холодильник, весы, плитка, химические реактивы и расходные материалы (бумага и др.) (Малый практикум по физиологии растений: учебно-методическое пособие для биологических специальностей вузов / М. В. Ефимова, И. Ф. Головацкая, Е. С. Гвоздева, М. А. Большакова; Том. гос. ун-т, [Биологический институт]. - Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000633508>).

15. Информация о разработчиках

Головацкая Ирина Феоктистовна, доктор биологических наук, доцент, кафедра физиологии растений, биотехнологии и биоинформатики Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета, профессор.