

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

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

УТВЕРЖДЕНО:  
Директор  
Д. С. Воробьев

Рабочая программа дисциплины

**Минеральное питание**

по направлению подготовки

**06.03.01 Биология**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Биология»**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Бакалавр**

Год приема  
**2025**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
В.В. Ярцев

Председатель УМК  
А.Л. Борисенко

Томск – 2025

## **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;

ИПК-2.1. 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 минерального питания, 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 Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Профессиональный модуль «Физиология растений, микроорганизмов, биотехнология и биоинформатика».

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

Пятый семестр, 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 3 з.е., 108 часов, из которых:

– лекции: 16 ч.;

– семинарские занятия: 26 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. *Введение. Классификация, содержание и распределение элементов минерального питания в растении*

1.1 Минеральное питание растений – раздел физиологии растений. История развития исследований минерального питания растений. Привлечение биологических наук для исследования минерального питания растений. Методы исследования минерального питания растений.

Классификация элементов минерального питания: макро-, микро- и ультрамикроэлементы. Количественное содержание элементов и распределение по органам растения. Базипитательное и акропетальное распределение элементов в растении. Изменение содержания элементов в онтогенезе растений. Коэффициенты биологического поглощения элементов. Относительное содержание элементов минерального питания в разных видах растений. Адсорбционная кривая поглощения элементов. Взаимодействие элементов минерального питания.

Тема 2. *Корень – орган поглощения минеральных веществ*

2.1 Структурно-функциональные особенности корня и поглощение веществ. Поступление ионов из среды в клетку и корень. Поступление ионов в апопласт. Механизмы транспорта ионов через мембрану.

Тема 3. *Радиальный и дальний транспорт ионов по растению*

3.1 Пути радиального транспорта. Движущие силы радиального транспорта ионов и загрузка ксилемы. Дальний транспорт воды и ионов. Нити Вотчала. Теория когезии-адгезии и натяжения. Регуляция транспорта воды и растворенных веществ в целом растении.

Тема 4. *Включение в обмен веществ и функции элементов минерального питания*

4.1 Роль макро- и микроэлементов в жизнедеятельности растений. «Непитательные» элементы, их негативное действие в конкуренции с питательными элементами (натрий, алюминий).

Тема 5. *Почва как среда обитания растений. Биогеохимические провинции.*

5.1 Плодородие почвы. Водный, тепловой, механический режим почвы. Поглотительная способность почв (механическая, физическая, физико-химическая, химическая, биологическая). Реакция почвенного раствора (потенциальная и актуальная кислотность). Буферная способность почвы. Биогеохимические провинции. Зональные и аazonальные биогеохимические провинции. Значение растений в циркуляции минеральных элементов в биосфере и формировании почв.

Тема 6. *Физиолого-генетические основы применения удобрений*

6.1 Виды удобрений (неорганические, органические, бактериальные). Способы подкормки (корневая и внекорневая). Расчет дозы вносимого удобрения (решение задач). Регулирование кислотности почв (известкование) (решение задач).

Генетика минерального питания растений – научная база для направленного конструирования новых генетических программ, для создания основ биологического земледелия и энергетически рациональных технологий. Физиолого-генетические подходы к познанию эффекта взаимодействия сорта и удобрения, создание агрохимически эффективных сортов растений. Аспекты создания моделей сортов сельскохозяйственных растений.

Тема 7. *Системы промышленного выращивания растений*

7.1 Почвенное и беспочвенное выращивание. Минеральные и синтетические субстраты. Гидропоника. Качество воды (общая концентрация растворимых солей, содержание элементов мало усвояемых растением, содержание бикарбонатов, жесткость воды, щелочность воды).

Приготовление питательной смеси. Соотношение элементов минерального питания. Уравновешенность растворов. Выбор питательной смеси и замена одних компонентов на другие (решение задач).

Физиологически кислые и щелочные соли. Коррекция pH с учетом карбонатных ионов (решение задач).

## Тема 8. Экологические аспекты химизации земледелия и антропогенное воздействие на минеральное питание растений

8.1 Атмосферное и почвенное загрязнение. Перенос по пищевым цепям и биоаккумуляция загрязнений. Перенос токсических веществ мигрантами. Аккумуляция тяжелых металлов растениями в течение суток и вегетационного периода и изменение поглощения, транспорта и усвоения минеральных элементов. Экологические аспекты химизации земледелия, основы охраны окружающей среды.

Роль минерального питания растений в дальнейшем развитии биологической науки и подъеме продуктивности сельского хозяйства. Нерешенные проблемы и перспективы дальнейшего развития минерального питания растений.

## Темы семинарских занятий дисциплины «Минеральное питание»

Тема 1. Азот. Формы азота, используемые растением. Поглощение и усвоение нитрата. Поглощение и ассимиляция аммония. Интеграция азотного метаболизма на уровне целого растения. Ответные реакции растительного организма на дефицит азота.

Тема 2. Фосфор. Характерные особенности фосфорного питания. Основные типы фосфорсодержащих соединений. Транспорт фосфата через мембраны. Метаболизм фосфата. Ответные реакции растительного организма на дефицит фосфора.

Тема 3. Сера. Серосодержащие органические соединения. Поглощение и транспорт сульфата. Ассимиляторное восстановление сульфата. Глутатион и его производные. Ответные реакции растительного организма на дефицит серы.

Тема 4. Кальций. Распределение  $\text{Ca}^{2+}$  в структурах клетки. Функциональное значение компартментации. Системы транспорта кальция.  $\text{Ca}^{2+}$  и системы внутриклеточной сигнализации. Ответные реакции растительного организма на дефицит кальция.

Тема 5. Калий. Системы транспорта  $\text{K}^+$  и их характеристика. Регуляция мембранного потенциала. Регуляция активности ферментов и синтез белка. Осморегуляция и катионно-анионный баланс. Движения устьиц: транспорт ионов и регуляция. Открывание и Закрывание устьиц. Ответные реакции растительного организма на дефицит калия.

Тема 6. Магний. Железо. Хлор.

Тема 7. Микроэлементы. Содержание (медь, марганец, молибден, цинк, бор) в почве и растениях. Роль в жизнедеятельности растений. Признаки голодания по микроэлементам. Микроудобрения.

Тема 8. Взаимодействие элементов в растении. Алюминий – основной токсический фактор на кислых дерново-подзолистых почвах.

Тема 9. Решение практических задач.

9.1 Выбор питательной смеси и замена одних компонентов на другие

9.2 Расчет дозы вносимого удобрения в почву

9.3 Регулирование кислотности почв (известкование)

9.4 Коррекция pH воды с учетом карбонатных ионов.

## 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.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

**Экзамен в пятом семестре** проводится в устной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит трех частей (2 теоретических вопроса, 1 решение практической задачи). Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть содержит два вопроса, проверяющих ИОПК-2.1. Ответы на вопросы первой части даются в развернутой форме.

Вторая часть содержит один вопрос, проверяющий ИПК-2.2 и оформленный в виде практической задачи. Ответ на вопрос второй части предполагает решение задачи и краткую интерпретацию полученных результатов.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Химические элементы, необходимые растениям.
2. Микроэлементы и их роль в питании и продуктивности растений.
3. Макроэлементы и их роль в питании и продуктивности растений.
4. Внекорневое питание растений.
5. Современное представление о поступлении питательных элементов и их усвоении растениями.
6. Особенности строения корня, связанные с его функцией.
7. Ризодермальное поглощение почвенного раствора с участием свободного пространства и корневых волосков.
8. Радиальный транспорт воды и ионов по корню растений. Корневая паренхима. Эндодерма.
9. Дальний транспорт веществ. Роль перицикла в загрузке ксилемы. Ксилемный поток.
10. Динамика потребления элементов питания с.-х. культурами.
11. Хозяйственный и биологический вынос питательных веществ с.-х. культурами
12. Почвенная и растительная диагностика минерального питания растений.
13. Питательный режим почвы и приемы его регулирования.
14. Агроэкологическое значение кислотности и буферности почвы, емкость поглощения и состав катионов.
15. Известкование кислых почв. Значение pH почвенного раствора для поглощения веществ растениями
16. Значение азота, фосфора и калия в жизни растений.
17. Азотные удобрения и их значение в повышении урожайности с.-х. культур.
18. Фосфорные удобрения и их значение в повышении урожайности с.-х. культур.
19. Калийные удобрения и их значение в повышении урожайности с.-х. культур.
20. Значение основных микроэлементов в питании и жизни растений. Способы применения микроудобрений.
21. Сравнительная эффективность комплексных и простых удобрений.
22. Виды органических удобрений и способы их применения. Зеленые удобрения.
23. Изменение качества урожая с.-х. культур в зависимости от условий минерального питания.
24. Использование физиологически активных веществ в практике сельского хозяйства.
25. Методы изучения вопросов питания растений, свойств почв и применения удобрений.

26. Вегетационный и полевой методы исследований.
27. Особенности питания растений в беспочвенной культуре (гидро-, аэропоника и т. п.).
28. Биогеохимические провинции.
29. Типы флор, связанные с избытком или недостатком каких-либо элементов.
30. Экологические аспекты химизации земледелия, основы охраны окружающей среды.

Решение задач по теме:

1. Коррекция pH растворов с учетом карбонатных ионов.
2. Выбор питательной смеси и замена одних компонентов на другие.
3. Составление питательной смеси на основе сортовой специфики выращиваемого на гидропонике растения.
4. Расчет соотношения NPK в комплексном удобрении.

За каждое успешно выполненное семинарское 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».

Оценка «отлично» выставляется, если даны правильные ответы на теоретические вопросы, дан развернутый ответ и все задачи решены без ошибок.

Оценка «хорошо» выставляется, если даны правильные, но не полные ответы на теоретические вопросы. Задачи решены без ошибок.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если даны правильные, но не полные ответы на теоретические вопросы. Задачи решены с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если даны не правильные ответы на теоретические вопросы. Задачи не решены.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=16948>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских занятий по дисциплине.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. 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.

2. 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.

б) дополнительная литература:

1. 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.

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

3. 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>

4. 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 (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.

#### **15. Информация о разработчиках**

Головацкая Ирина Феокистовна, доктор биологических наук, доцент, кафедра физиологии растений, биотехнологии и биоинформатики Биологического института НИ ТГУ, профессор.