

Блю-1031у

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям



_____ О.Н. Здрок

09 » декабря 2020 г.

Регистрационный № УД - 9206/уч.

Минеральное питание растений

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 01 01 Биология (по направлениям)

Направления специальности:

1-31 01 01-01 Биология (научно-производственная деятельность)

1-31 01 01-02 Биология (научно-педагогическая деятельность)

2020 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 01 01-2013 и учебных планов УВО № G31-132/уч., № G31-133/уч., № G31з-157/уч., № G31з-159/уч., утвержденных 30.05.2013

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.И. Соколик, доцент кафедры клеточной биологии и биоинженерии растений Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Л.Ф. Кабашникова, заведующий лабораторией прикладной биофизики и биохимии Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, член- корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук, доцент;

Т.А. Кукулянская, доцент кафедры биохимии биологического факультета Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой клеточной биологии и биоинженерии растений (протокол № 6 от 11 ноября 2020 г.);

Научно-методическим Советом БГУ (протокол № 2 от 7 декабря 2020 г.)

Зав. кафедрой клеточной биологии и биоинженерии растений, доцент



И.И. Смолич

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – дать студентам углубленные знания о химических формах, транспорте, превращениях и физиологической значимости элементов минерального питания.

Задачи учебной дисциплины:

- дать представления об основных формах, содержании, химизме превращений в клетке и окружающей среде, а также функциональной значимости макро- и микроэлементов минерального питания;
- детально рассмотреть особенности фиксации, транспорта и метаболизма азота в почве и растениях;
- изучить особенности круговорота серы и фосфора;
- рассмотреть механизмы ближнего и дальнего транспорта элементов минерального питания в растениях;
- описать симптомы недостатка и избытка минеральных элементов;
- дать понимание основ рационального использования минеральных удобрений.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием

Учебная дисциплина «Минеральное питание растений» относится к специальным дисциплинам по выбору студента (компонент учреждения высшего образования).

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Изучение учебной дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами по учебным дисциплинам «Физиология растений», «Биохимия растений», «Молекулярная биология». Учебная программа составлена с учетом межпредметных связей и программ по смежным дисциплинам биологического профиля, «Устойчивые агротехнологии и фитодизайн», «Механизмы регуляции продуктивности высших растений» и др.

Требования к компетенциям

Изучение учебной дисциплины «Минеральное питание растений» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

социально-личностные компетенции:

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

профессиональные компетенции:

ПК-1. Квалифицированно проводить научные исследования в области биологии, проводить анализ результатов экспериментальных исследований, формулировать из полученных результатов корректные выводы.

ПК-2. Осваивать новые модели, теории, методы исследования, участвовать в разработке новых методических подходов.

ПК-3. Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научной литературе, составлять аналитические обзоры.

ПК-4. Готовить научные статьи, сообщения, рефераты, доклады и материалы к презентациям.

ПК-7. Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научно-технических и других информационных источниках.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- особенности химических и биохимических превращений элементов минерального питания в почве и растении, симптомы неадекватной обеспеченности ими растения;
- механизмы фиксации азота в почве и его круговорота в природе;
- механизмы функционирования ион-транспортных систем плазматической мембраны растительной клетки;
- основные закономерности перераспределения и дальнего транспорта элементов минерального питания у растений;
- механизмы регуляции процессов минерального питания растений;
- основы рационального использования минеральных удобрений.

уметь:

- применять полученные теоретические знания для объяснения особенностей минерального обмена и регуляции продуктивности растений;
- использовать методы изучения минерального питания для диагностики питательных расстройств растений;
- использовать фундаментальные и прикладные знания с целью оптимизации процессов минерального питания культурных растений и биотехнологических производств на основе культур клеток, тканей и органов растений.

владеть:

- научной терминологией данного раздела науки;
- устойчивыми навыками определения дефицита основных минеральных элементов;
- базовыми навыками использования минеральных удобрений.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 6 семестре (очная форма получения образования) и в 7 семестре (заочная форма получения образования). Всего на изучение учебной дисциплины «Минеральное питание растений» отведено:

- для очной формы получения высшего образования - 50 часов, в том числе 30 аудиторных часов, из них: лекции - 28 часов, управляемая самостоятельная работа - 2 часа;

- для заочной формы получения высшего образования - 50 часов, в том числе 8 аудиторных часов, из них: лекции - 8 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 1 зачетную единицу.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ

Введение, основные понятия минерального питания: предмет, объекты, методы, задачи; развитие представлений о минеральном питании растений, исторические этапы; ученые, внесшие значительный вклад в развитие минерального питания растений.

Раздел 2. УСВОЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ РОЛЬ В ПРОЦЕССАХ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ

Тема 2.1. Усвоение питательных элементов и их роль в процессах жизнедеятельности растений. Классификации минеральных элементов.

Содержание минеральных элементов в растении и потребность в них; классификации минеральных элементов; краткая характеристика и функции основных макроэлементов: азот, фосфор, калий, кальций.

Тема 2.2. Усвоение питательных элементов и их роль в процессах жизнедеятельности растений. Краткая характеристика и функции основных макро- и микроэлементов.

Краткая характеристика и функции основных макро- и микроэлементов: сера, магний, кремний, натрий, железо, медь, цинк, марганец, молибден, бор, кобальт, никель, алюминий, хлор; вода как уникальная среда и источник кислорода и водорода.

Тема 2.3. Усвоение питательных элементов и их роль в процессах жизнедеятельности растений. Азот.

Развитие взглядов на питание растений азотом. Участие нитратной и аммонийной форм азота в питании растений. Азотфиксация. Нитрификация, денитрификация, аммонификация. Круговорот азота в природе.

Тема 2.4. Усвоение питательных элементов и их роль в процессах жизнедеятельности растений. Фосфор. Сера.

К истории вопроса о питании растений фосфором. Участие фосфора в энергетическом и пластическом обмене растений. Фосфорсодержащие соединения, их роль в жизнедеятельности растительных организмов. Круговорот фосфора в природе. Сера и ее метаболизм в растениях. Участие серы в окислительно-восстановительных реакциях клеток (ассимиляторная сульфатредукция). Круговорот серы.

Тема 2.5. Усвоение питательных элементов и их роль в процессах жизнедеятельности растений. Металлы, микроэлементы.

Химические свойства металлов. Физиологические функции металлов – макро- и микроэлементов. Особенности взаимодействия микроэлементов с растительным организмом. Физиологическая значимость микроэлементов, токсическое действие на мембранные структуры и растение в целом. Толе-

рантность растений к их избытку и недостатку микроэлементов. Симптомы недостатка элементов минерального питания у растений.

Раздел 3. ТРАНСПОРТ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИИ

Тема 3.1. Пассивное поступление минеральных веществ в клетку.

Основные структурные элементы системы транспорта ионов в растительную клетку: клеточная стенка, плазматическая мембрана. Клеточная стенка и ее роль в поступлении минеральных элементов в клетку, сорбционные и диффузионные свойства. Простая диффузия: закон Фика, электрохимический потенциал ионов. Активность ионов. Мембранный диффузионный потенциал (потенциал Нернста и Гольдмана). Проницаемость мембран. Потенциал Доннана. Облегченная диффузия. Основные типы переносчиков. Модель Михаэлиса-Ментен применительно к процессам мембранного транспорта.

Тема 3.2. Механизмы функционирования ион-транспортных систем растений. Ионные каналы.

Гидратированные и негидратированные ионы. Ионные каналы: строение типичного ионного канала; ионная избирательность; характер движения ионов в канале; блокирование ионных каналов.

Тема 3.3. Механизмы функционирования ион-транспортных систем растений. Ионные каналы. Активный транспорт ионов в клетку: общая характеристика.

Катионные (калиевые, кальциевые, каналы неселективной ионной проводимости) – структура и свойства. Активный транспорт: энергетический подход; Критерии оценки активного транспорта через мембрану (температурный коэффициент Q_{10} , уравнение Юссинга – Теорелла).

Тема 3.4. Механизмы функционирования ион-транспортных систем растений. Активный транспорт минеральных элементов через клеточные мембраны.

Типы активного транспорта (первичный и вторичный, электрогенный и электронейтральный). Ионные помпы (АТФазы), классификация. Схема функционирования ионных помп. Типы, строение и свойства. Транспортные АТФазы, переносчики. Обратимость функционирования H^+ -АТФазной помпы. Системы транспорта анионов. Редокс-цепь мембран и ее роль в электрогенезе клеток. Эндоцитоз.

Раздел 4. РЕГУЛЯЦИЯ СКОРОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯ

Поступление ионов и потребности растений. Кинетика поступления ионов из растворов различной концентрации: из разбавленных и высококонцентрированных растворов. Влияние физико-химических факторов почвенного раствора на поступление минеральных элементов в корневую систему.

Раздел 5. ТРАНСПОРТ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИИ: РАДИАЛЬНОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОРНЕ. ДАЛЬНИЙ ТРАСПОРТ

Анатомическое строение корня и функции элементов, составляющих его структуру (ризодерма, кора, эндодерма, перицикл, центральный цилиндр и его элементы). Апопласт и симпласт. Синтетическая и выделительная функции корневой системы. Расположение транспортных систем в клетках корня. Основные пути радиального транспорта, его движущие силы и регуляция. Дальний транспорт минеральных веществ. Передвижение ионов по ксилеме и флоэме, движущие силы. Переходные клетки и циркуляция питательных элементов в растении. Процессы интеграции и регуляции транспорта в целом растении.

Раздел 6 ПОЧВА КАК ИСТОЧНИК ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РАСТЕНИЙ

Потоки питательных веществ в почве. Роль корневых волосков в поглощении элементов минерального питания из почвы. Почва, микроорганизмы и поступление ионов в клетки корневой системы. Влияние ризосферной микрофлоры на поступление ионов в корень. Микоризы. Вынос основных элементов питания из почвы растениями. Органическое вещество почвы и рост растений.

Раздел 7. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Представления о смесях элементов. Классические смеси. Минеральные удобрения (азотные, фосфорные и калийные). Ухудшения качества урожая при несбалансированном азотном питании. Новые технологии в улучшении минерального питания растений.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Очная форма получения высшего образования

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | | | Количество часов УСР | Форма контроля знаний |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|----------------------|-----------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное | | |
| 1 | ВВЕДЕНИЕ | 2 | | | | | | |
| 2 | УСВОЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ РОЛЬ В ПРОЦЕССАХ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ | | | | | | | |
| 2.1 | Усвоение питательных элементов и их роль в процессах жизнедеятельности растений. Классификации минеральных элементов. | 2 | | | | | | |
| 2.2 | Усвоение питательных элементов и их роль в процессах жизнедеятельности растений. Краткая характеристика и функции основных макро- и микроэлементов. | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 2.3 | Усвоение питательных элементов и их роль в процессах жизнедеятельности растений. Азот. | 2 | | | | | | |
| 2.4 | Усвоение питательных элементов и их роль в процессах жизнедеятельности растений. Фосфор. Сера. | 2 | | | | | | |
| 2.5 | Усвоение питательных элементов и их роль в процессах жизнедеятельности растений. Металлы, микроэлементы. | 2 | | | | | | |
| 3 | ТРАНСПОРТ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИИ | | | | | | | |
| 3.1 | Пассивное поступление минеральных веществ в клетку | 2 | | | | | | Тестирование |

| | | | | | | | | |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|--|--|--|---|-------------------------------|
| | | | | | | | | |
| 3.2 | Активный транспорт минеральных элементов | 2 | | | | | | Защита рефератов |
| 3.3 | Механизмы функционирования ион-транспортных систем растений. Ионные каналы | 2 | | | | | | |
| 3.4 | Механизмы функционирования ион-транспортных систем растений. Транспортные АТФазы, переносчики | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 4 | РЕГУЛЯЦИЯ СКОРОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯ | 2 | | | | | | |
| 5 | ТРАНСПОРТ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИИ: РАДИАЛЬНОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОРНЕ. ДАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ | 2 | | | | | | Тестирование |
| 6 | ПОЧВА КАК ИСТОЧНИК ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РАСТЕНИЙ. | 2 | | | | | | |
| 7 | ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ | 2 | | | | | 2 | Письменная контрольная работа |

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Заочная форма получения высшего образования

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | | | Количество часов УСР | Форма контроля знаний |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|----------------------|-----------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное | | |
| 2 | УСВОЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ РОЛЬ В ПРОЦЕССАХ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 3 | ТРАНСПОРТ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИИ | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 4 | РЕГУЛЯЦИЯ СКОРОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯ | 1 | | | | | | Устный опрос |
| 5 | ТРАНСПОРТ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИИ: РАДИАЛЬНОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОРНЕ. ДАЛЬНИЙ ТРАСПОРТ | 2 | | | | | | Устный опрос |
| 6 | ПОЧВА КАК ИСТОЧНИК ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РАСТЕНИЙ. | 1 | | | | | | Устный опрос |

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Битюцкий, Н.П. Минеральное питание растений: учебник / Н.П. Битюцкий; – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2020. – 548 с.
2. Вахмистров Д.Б. Пространственная организация ионного транспорта в корне / Д.Б. Вахмистров. Тимирязевские чтения. М.: Наука. 1991
3. Кабата-Пендиас З.А. Микроэлементы в почвах и растениях / З.А. Кабата-Пендиас, С. Пендиас. М.: Мир. 1989.
4. Кузнецов В.В. Физиология растений: Учеб. для вузов / В.В. Кузнецов, 2005.
5. Кларксон Д. Транспорт ионов и структура растительной клетки / Д.Кларксон. М.: Мир, 1978.
6. Медведев С.С. Физиология растений: Учебник / С.С. Медведев. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та. 2004
7. Медведев С.С. Электрофизиология растений / С.С. Медведев. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та. 1998.
8. Мусиенко Н.Н. Корневое питание растений / Н.Н. Мусиенко, А.И. Тарнавский. Киев: Выща школа. 1989.
9. Пильщикова Н.В. Физиология растений с основами микробиологии/ Н.В. Пильщикова. М.: Мир. 2004.
10. Ткачук Е.С. Регуляция минерального питания и продуктивности растений / Е.С. Ткачук и др. Киев: Наук. думка. 1991.
11. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Под ред. Н.Н. Третьякова. М.: Колос. 1998.
12. Юрин В.М. Минеральное питание растений. Учеб. пособие / В.М. Юрин, С.Н. Найдун. Мн.: БГУ. 2004.
13. Demidchik V. Ion channels and plant stress responses / V. Demidchik, F.J.M. Maathuis. Berlin: Springer-Verlag, 2010.

Перечень дополнительной литературы

1. Маркарова Е.Н. Физиология корневого питания растений / Е. Н. Маркарова. М.: Изд-во МГУ. 1989.
2. Барбер С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве / С.А. Барбер. М.: Агропромиздат. 1988.
3. Люттге У. Передвижение веществ в растениях / У. Люттге, Н. Хигинботам. М.: Колос. 1984.
4. Ленский А.С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию / А.С. Ленский. М.: Высш. шк.. 1989.

Перечень электронных ресурсов

1. Юрин В.М., Демидчик В.В., Соколик А.И., Найдун С.Н. УМК Минеральное питание растений. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/106755>

Перечень используемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для оценки профессиональных компетенций студентов используется следующий диагностический инструментарий:

- защита реферата;
- устные опросы;
- тестирование;
- письменная контрольная работа.

Формой аттестации по дисциплине «Минеральное питание растений» учебным планом предусмотрен зачет. При формировании итоговой оценки используется текущий контроль знаний студента в виде письменной контрольной работы, дающий возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Положительная отметка по письменной контрольной работе является основанием для допуска к зачету.

Оценка за письменную контрольную работу включает полноту раскрытия вопроса, логичность и грамотность изложения материала. Выполнение контрольных заданий оцениваются исходя из степени самостоятельности и правильности выполнения задания.

Допускается определение результатов текущей аттестации по дисциплине на основании результатов текущего контроля знаний без проведения опроса на зачете в случае отсутствия пропусков занятий и среднего балла по УСР «восемь». При этом явка обучающегося на зачет является обязательной.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

1. Усвоение питательных элементов и их роль в процессах жизнедеятельности растений. Классификации минеральных элементов.
2. Краткая характеристика и функции основных макро- и микроэлементов.
3. Пассивное поступление минеральных веществ в клетку.
4. Активный транспорт минеральных элементов.
5. Механизмы функционирования ион-транспортных систем растений. Ионные каналы.

6. Механизмы функционирования ион-транспортных систем растений. Транспортные АТФазы, переносчики.
7. Регуляция скорости поступления веществ в растения.
8. Транспорт минеральных веществ в растении: радиальное перемещение питательных элементов в корне. Дальний транспорт.
9. Почва как источник питательных элементов для растений.
10. Физиологические основы применения удобрений

Форма контроля – письменная контрольная работа по всем разделам.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса могут быть использованы такие инновационные подходы, как **эвристический, практикоориентированный и исследовательский.**

Эвристический подход предполагает:

- осуществление студентами лично-значимых открытий окружающего мира;
- демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем;
- творческую самореализацию обучающихся в процессе создания образовательных продуктов;
- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности.

Практико-ориентированный подход предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

При организации образовательного процесса используется метод **учебной дискуссии**, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине курса рекомендуется использовать современные информационные технологии: размещенный в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

Темы реферативных работ

1. Макро- и микроэлементы. Характеристика макроэлементов: азот, фосфор, калий, кальций.
2. Микроэлементы. Характеристика микроэлементов: железо, медь, цинк, марганец, молибден, бор.
3. Азотное питание растений: история вопроса, нитратный и аммонийный азот, биохимическое усвоение азота, переаминирование, специфика азотного питания бобовых.
4. Фосфорное питание растений. История вопроса, биохимическое усвоение, функции в растении.
5. Сера, ее функции и метаболизм в растении.
6. Функциональная роль в растении металлов – макроэлементов: калия, кальция, магния.
7. Питательные растворы для выращивания растений, признаки дефицита минеральных элементов в растении.
8. Клеточная стенка и ее роль в поступлении минеральных элементов в растение.
9. Пассивное движение веществ в клетку: диффузия, законы диффузии, диффузия через мембрану, проницаемость мембран, электрохимический потенциал ионов.
10. Электрический потенциал, (мембранный, разность потенциалов), потенциал Нернста, измерение мембранной разности потенциалов, диффузионный потенциал, теория постоянного поля (Гольдмана).
11. Облегченная диффузия. Активный транспорт минеральных элементов, электрогенность, отличительные от неэлектрогенного транспорта особенности.
12. Критерии выявления активного переноса ионов: температурный коэффициент, потенциал Нернста, ингибирование источников энергии.

13. Пассивный транспорт ионов – ионные каналы: каталитическая функция, общая схема строения (компоненты, их функции, ионная избирательность, потенциалзависимость).

14. Влияние внешних факторов на поглощение минеральных элементов растениями: почва и ее свойства, зависимость скорости поглощения от концентрации иона в среде.

15. Влияние внешних факторов на поглощение минеральных элементов растениями: взаимодействие ионов, кислотность, температура.

16. Внутриклеточный транспорт ионов. Ближний (радиальный) транспорт: два пути, их характеристика. Роль вакуолей в транспорте ионов.

17. Движущие силы радиального транспорта ионов. Загрузка ксилемы.

18. Радиальный транспорт кальция, калия и анионов.

19. Дальний транспорт минеральных элементов в растении. Два пути. Развитие и строение ксилемы., ее функции. Движущие силы транспорта воды.

20. Корень и почва. Строение корня, взаимодействие с почвой. Микориза, ее роль в минеральном питании.

21. Физиологические основы применения удобрений.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Предмет, задачи и методы минерального питания.

2. Развитие теоретических и практических основ минерального питания растений. Направления исследований основных научных школ и мировых центров по проблематике минерального питания растений.

3. Общее определение макро- и микроэлементов. Первичные роли основных элементов минерального питания в жизни растения.

4. Физиологически-важные катионы металлов, поддержание состояний геля и золя.

5. Роль хелатов металлов в минеральном питании.

6. Доступность элементов минерального питания. Особая значимость биодоступности железа.

7. Основные функции, физиологическая важность и особенности поступления и метаболизма калия в растениях.

8. Основные функции, физиологическая важность и особенности поступления и метаболизма азота в растениях.

9. Функции, физиологическая важность и особенности поступления и метаболизма серы в растениях.

10. Физиологическая значимость и особенности поступления и метаболизма кальция и магния в растениях.

11. Роль фосфора в клетке растения, закономерности поступления и метаболизма фосфора в растениях.

12. Основные функции, физиологическая важность и механизмы поступления железа и меди в растениях.
13. Основные функции, физиологическая важность и механизмы поступления цинка, марганца, никеля, кобальта, бора и молибдена.
14. Круговорот азота в природе. Основные стадии.
15. Азотфиксация, механизмы, ее роль в азотном питании и круговороте азота в природе.
16. Метаболизм азота в почве.
17. Реакции переаминирования и их роль в жизни растительного организма.
18. Цикл фосфора. Его физиологическая роль.
19. Цикл серы. Его физиологическая роль.
20. Типы переноса веществ в клетку. Пассивное и активное поступление веществ.
21. Диффузия веществ. Законы Фика.
22. Проницаемость мембран. Механизмы избирательного поглощения ионов.
23. Электрохимический потенциал ионов. Уравнение электрохимического потенциала.
24. Методы изучения ионных потоков и электрических потенциалов клетки.
25. Потенциал Нернста. Его использование при анализе транспортной функции мембран.
26. Мембранный диффузионный потенциал. Уравнение Гольдмана.
27. Потенциал Доннана, его природа и функция.
28. Облегченная диффузия.
29. Представление облегченной диффузии на основе формализма Михаэлиса-Ментен.
30. Общий механизм активного транспорта веществ и его роль в жизни растений.
31. Типы активного транспорта, их описание и физиологические роли.
32. Ионные насосы, механизмы их функционирования и физиологическая роль.
33. Критерии оценки активного переноса ионов через мембрану.
34. Механизм функционирования калиевого канала. Вольт-амперная характеристика, кинетика активации, селективность, регуляция потенциалом и другими факторами.
35. Типы ионных каналов и механизмы их функционирования.
36. Основные параметры функционирования ионных каналов.
37. Принцип и механизм селективности ионного канала.
38. Анализ вольт-амперных характеристик. Типы каналов по их потенциал-зависимости.
39. Структура катионного канала.

40. Факторы, влияющие на скорость поступления веществ у растений.
41. Кинетика поступления ионов из растворов различной концентрации. Высоко- и низкоафинные транспортеры.
42. «Система 1» и «система 2» в транспорте веществ в растительную клетку.
43. Типы физиологического взаимодействия ионов, их физиологическая значимость
44. Механизмы радиального перемещения ионов в корне растения.
45. Апопластический и симпластический пути переноса ионов, их физиологическая роль и регуляция.
46. Зоны корня. Поступление веществ в корень.
47. Верхний и нижний концевые двигатели. Их физиологическая роль.
48. Физиологическая роль и особенности функционирования устьичного аппарата.
49. Строение и функция проводящих тканей растений.
50. Влияние свойств почв и взаимодействия с почвенной биотой на минеральное питание растений.
51. Типы и функции микориз.
52. Типы удобрений и основы их рационального использования.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

| Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование | Название кафедры | Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине | Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹ |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Физиология растений в условиях стресса | Клеточной биологии и биоинженерии растений | Отсутствуют | Утвердить согласование (протокол № 6 от 11 ноября 2020 г.) |
| Механизмы регуляции продуктивности высших растений | Клеточной биологии и биоинженерии растений | Отсутствуют | Утвердить согласование (протокол № 6 от 11 ноября 2020 г.) |

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____/____ учебный год

| №№ пп | Дополнения и изменения | Основание |
|----------|------------------------|-----------|
| | | |

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № __ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)