Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Т. Н. Троян

АГРОХИМИЯ

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 631.8(075.8):63:54

Рецензент
кандидат биологических наук, доцент кафедры агрономии и агроэкологии
Е. А. Барановская

Троян, Т. Н.

Агрохимия: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студентов, обучающихся в бакалавриате по напр. подгот. 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение / Т. Н. Троян. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 29 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Агрохимия» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля и алгоритм распределения времени для внеаудиторной работы.

Табл. 5, список лит. – 16 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой агрономии и агроэкологии «24» октября 2022 г., протокол № 4

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссии института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 31 октября 2022 г., протокол № 11

УДК 631.8(075.8):63:54

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2022 г.
© Троян Т. Н., 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение……. 4
1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН…… 5
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ ЛЕКЦИЙ…… 8
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ 22
4. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК……. 26
Список использованных источников ……. 27

ВВЕДЕНИЕ

Применение удобрений прочно вошло в передовые технологии выращивания сельскохозяйственных культур как главная составляющая получения высоких и устойчивых урожаев [1].

Получение высоких урожаев культур напрямую связано с наличием в почве необходимого количества питательных веществ и знанием не только закономерностей и особенностей минерального питания растений, но и состояния почвенного плодородия [2]. Например, для получения 10 т/га зерна пшеницы, кроме сортов, химических препаратов защиты растений от вредителей и болезней требуется обеспечение растений соответствующим количеством почвенного питания растениям необходимо предоставить (с учётом коэффициентов использования питательных веществ) около 400 кг азота, 130 кг фосфора и 250 кг калия. Ни одна почва за счёт естественного плодородия не сможет обеспечить таким количеством питательных элементов планируемый урожай, тем более, систематически из года в год. Поэтому для компенсации отчуждения с урожаями питательных элементов из почв и для последующего планируемого высокого урожая необходимо постоянное интенсивное удобрение почв [3].

Решением данных вопросов занимается агрохимия – наука о взаимодействии растений, почвы и удобрений в процессе выращивания культур, о круговороте веществ в земледелии, рациональном применении удобрений с целью увеличения урожая, улучшения его качества и повышения плодородия почв [4].

Главная цель агрохимии – создание наилучших условий питания растений с учетом знания свойств различных видов и форм удобрений, выявления особенностей их взаимодействия с почвой и определение наиболее эффективных форм, способов, сроков применения удобрений [4].

Обобщение мирового научного и практического опыта позволило определить основные подходы для разработки рациональных систем применения минеральных удобрений, которые легли в основу концепции «4-х правил» (*4R Nutrient Stewardship*). Согласно этой концепции, удобрения должны вноситься в наиболее подходящей форме и виде, в оптимальной дозе, в необходимые сроки и наилучшим способом [5].

Настоящее учебное пособие по «Агрохимия» призвано оказать помощь в изучении дисциплины. Учебный материал в пособии подобран таким образом, чтобы раскрыть все темы курса и изучаемые вопросы.

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Дисциплина «Агрохимия» относится к «Профессиональному модулю» блока 1 части Основной профессиональной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение.

Целью освоения дисциплины «Агрохимия» является формирование представлений, теоретических знаний и практических навыков, необходимых для освоения программ дисциплин профессионального цикла подготовки бакалавров направления 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение» по вопросам оптимизации минерального питания сельскохозяйственных культур на основе рационального применения минеральных, органических удобрений и мелиорантов с учетом почвенного плодородия и климатических условий.

Задачи изучения дисциплины:

– изучение химического состава растений, процессов их минерального питания и методов его регулирования;

– изучение биологических, химических и физико-химических свойств почв в качестве условия произрастания и источника питания растений и применения удобрений;

– изучение видов, свойств, форм и способов применения удобрений, трансформации их в почве, агрономической и экономической эффективности, а также технологий хранения, подготовки и внесения органических и минеральных удобрений;

– освоение способов определения доз удобрений и средств химической мелиорации почв;

– освоение экологических аспектов применения удобрений и химических мелиорантов;

– формирование методов определения нуждаемости почв в химической мелиорации, доз, ассортимента, состава, свойств и способа применения мелиорантов.

При освоении курса «Агрохимия» предусматриваются аудиторные работы обучающегося – лекции (таблица 1), лабораторные работы и внеаудиторная самостоятельная деятельность, направленная на подготовку курсовой работы.

Изучение процесса питания растений и взаимодействия между растением, почвой и удобрений составляет теоретическую основу агрохимии. В связи с этим лекционный курс дисциплины включает вводную лекцию и три крупных блока (таблица 1), каждый из которых посвящен изучению одного объекта исследования агрохимии – растение, почва, удобрение.

Для успешного освоения дисциплины «Агрохимия» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткий алгоритм изучения каждой темы занятия, перечень ключевых вопросов для самоконтроля работы студентов.

Таблица 1– Объем (трудоемкость освоения) и структура лекционных занятий

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Кол-во часов	
		очная форма	заочная форма
Пятый семестр			
1	**Цель и задачи дисциплины. Введение в агрохимию. История развития агрохимии**	**2**	**–**
2	***БЛОК 1:* Научные основы питания растений**	**4**	**–**
2.1	*Особенности питания растений*	*2*	
2.2	*Диагностика питания растений*	*2*	
3	***БЛОК 2:* Агрохимия и плодородие почвы**	**8**	**–**
3.1	*Химические элементы почвы в жизни растений. Питательный режим почв*	*2*	
3.2	*Химическая мелиорация*	*2*	
3.3	*Свойства почвы и расширенное воспроизводство её плодородия в связи с применением удобрений*	*4*	
Шестой семестр			
4	***БЛОК 3:* Виды удобрений, их химический состав и свойства, условия повышения эффективности и методы оптимизации доз их применения**	**20**	**–**
4.1	*Роль удобрений в формировании систем земледелия*	*2*	
4.2	*Общие принципы применения удобрений*	*2*	
4.3	*Классификация, состав, свойства и особенности применения минеральных удобрений*	*8*	
4.4	*Классификация, состав, свойства и особенности применения органических удобрений*	*8*	
Итого		**34**	**–**

При реализации дисциплины «Агрохимия» организуется практическая подготовка путем проведения практических и лабораторных работ, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

– методы агрохимических исследований, агрохимический анализ почвы;

– химический состав (элементный и вещественный) основной и побочной продукции основных сельскохозяйственных культур;

– методы оценки потенциального и эффективного плодородия почв и условий минерального питания сельскохозяйственных культур;

– процессы внутрипочвенной трансформации удобрений и элементов питания растений;

– принципы комплексной (почвенной и растительной) диагностики питания сельскохозяйственных культур;

– основные принципы и приемы оптимизации минерального питания растений и агрохимических свойств почвы с помощью удобрений и химической мелиорации для увеличения производства растениеводческой продукции хорошего качества;

– методы количественного анализа растений, минеральных, органических удобрений и мелиорантов, почв и грунтов химическими и инструментальными методами;

– химические и физические свойства минеральных, органических удобрений и мелиорантов;

– способы определения доз и применения минеральных удобрений и мелиорантов;

уметь:

– проводить расчет доз химических мелиорантов и удобрений, проводить почвенный и агрохимический анализ состояния земель сельскохозяйственного назначения;

– оценивать и использовать результаты агрохимических анализов почв, растений и удобрений;

– определять и корректировать дозы удобрений, сроки и способы их внесения в севооборотах на основе определения выноса элементов питания растениями и баланса питательных веществ в агроценозах;

– обеспечивать применение удобрений и химических мелиорантов в соответствии с рекомендациями научных учреждений, агрохимической службы и экономическими возможностями хозяйства;

– использовать знания о химическом составе растений для определения выноса элементов питания в агроценозах, оценки качества растениеводческой продукции, расчета доз удобрений, определения баланса элементов питания в агроценозах;

– распознавать минеральные удобрения, определять дозы и обосновывать необходимость внесения удобрений;

– анализировать и оценивать состояние плодородие почв для принятия решений по оптимизации условий питания сельскохозяйственных растений, получению высококачественной растениеводческой продукции и повышению эффективности средств химизации земледелия;

владеть:

– терминами и понятиями агрохимии, применяемыми оценке химического состава почв, растений и удобрений;

– навыками аналитической работы по определению агрохимических показателей, используемых при оценке плодородия почвы, качества, безопасности и технологических свойств сельскохозяйственной продукции;

– методами визуальной и химической диагностики минерального питания растений;

– необходимыми знаниями определять и корректировать способы и сроки внесения минеральных удобрений;

– приемами контроля качества работ по внесению минеральных удобрений.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ ЛЕКЦИИ

Для усвоения дисциплины в начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; по ходу лекции подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Тема 1. Цель и задачи дисциплины. Введение в агрохимию. История развития агрохимии

Ключевые вопросы темы

1. Цели и задачи освоения дисциплины.
2. Место агрохимии в системе прикладных и фундаментальных наук.
3. Объекты исследований агрохимии.
4. История развития агрохимии как науки в мире и в России.

Ключевые понятия: агрохимия, задачи агрохимии, круговорот веществ в земледелии, удобрения, биоклиматический потенциал, методы агрохимии, химия растений, химия почвы, химия удобрений

Литература: [1, с. 7–30], [2, с. 5–12], [3, с. 9–19], [4], [5, с. 3–21], [6, с. 6-10, 10-15, 46–48], [7, с. 4–10], [8, с. 3–10], [9, с. 4–10], [10, с. 4–7, 8–32]

Методические рекомендации

Первый вопрос лекции посвящен раскрытию цели и задач дисциплины; планируемых результатов освоения дисциплины.

Применение минеральных удобрений – новая эпоха развития системы земледелия, оно направлено на повсеместный интенсивный рост урожайности сельскохозяйственных культур за счет улучшения питания растений, для гарантированного обеспечения населения продуктами питания и создания продовольственной безопасности страны в целом.

Агрономическая химия *или* **агрохимия** – наука об оптимизации питания растений, применения удобрений и плодородия почвы с учётом биоклиматического потенциала для получения высокого урожая и качественной продукции сельского хозяйства.

Другое определение агрохимии звучит иначе: **агрохимия изучает потребление растениями питательных элементов из почвы, удаление их с урожаями и возвращение с удобрениями.**

Задачи агрохимии:

– изучение питания сельскохозяйственных растений;

– изучение обмена веществ в растениях в связи с условиями питания, (изучение этих вопросов связывает агрохимию с физиологией и биохимией растений);

– изучение и разработка наиболее эффективных приемов оптимизации питания и обмена веществ в растениях с помощью удобрений.

В рамках этого же вопроса происходит проверка остаточных знаний по предыдущим дисциплинам (общее почвоведение, физиология и биохимия растений).

Агрохимия – одна из наук, входящих в агрономию, поэтому при изучении **второго вопроса** рекомендуется обратить внимание на место агрохимии в системе прикладных и фундаментальных наук; понять взаимосвязь и значимость в области сельскохозяйственного производства.

Агрохимия тесно связана с общим земледелием и мелиорацией, с экономикой и организацией сельскохозяйственного производства, так как любые приемы использования удобрений обусловлены агротехникой и должны оцениваться с точки зрения их экономической эффективности. Отдельные ее разделы неразрывно связаны с физиологией растений, химией, биохимией, почвоведением, микробиологией, земледелием и растениеводством.

Применение удобрений и химических мелиорантов почвы должно быть экологически безопасным и, более того, являться важным элементом природоохранных мероприятий против загрязнения тяжелыми металлами и радионуклидами.

Агрохимия также тесно взаимодействует с агроэкологией в достижении общих целей – обеспечении устойчивого производства качественной сельскохозяйственной продукции, рационального использования природного биоэнергетического потенциала агроэкосистем, сохранения и воспроизводства основного природного ресурса аграрного сектора – почвенного плодородия, исключения или минимизации негативного воздействия на окружающую среду. С этих позиций бакалавр с высоким уровнем агрохимической подготовки является важнейшим участником решения всего комплекса экологических проблем, возникающих при использовании органических, минеральных удобрений и химических мелиорантов почв, других средств химизации сельского хозяйства.

Третий вопрос посвящен знакомству с объектами **агрохимии** – растения, почва и удобрения.

Первый **объект** исследования в агрохимии - ***растение***. При изучении питания растений и разработке способов его регулирования с помощью удобрений необходимо учитывать также особенности биологии и технологии возделывания отдельных культур. Здесь прослеживается связь агрохимии с растениеводством.

Второй **объект** исследования агрохимии – ***почва***. Изучение содержания и динамики питательных веществ в почве, их доступности растениям, разнообразных процессов превращений удобрений, их действия на свойства и плодоро-

дия почвы - важный раздел агрохимии. По этому направлению агрохимия связана с почвоведением и почвенной микробиологией, земледелием.

Третий **объект** агрохимии – ***удобрения*** *и средства химической мелиорации почв;* изучая их состав, свойства и эффективность, агрохимия связана не только с сельскохозяйственным производством, но и с химической промышленностью, ибо обоснование потребности сельского хозяйства в минеральных удобрениях и оптимального их ассортимента, а также оценка новых видов и форм выпускаемых удобрений входят в задачу агрохимии.

Таким образом, **агрохимия изучает круговорот питательных веществ в земледелии и питание растений, а также способы их регулирования для повышения урожая и улучшения его качества путем рационального и экологически безопасного применения удобрений.**

В XX веке сфера агрохимии расширилась: она стала изучать также агробиоценоз в целом, химические средства защиты растений и регуляторы роста растений.

Внесение минеральных удобрений позволяет вводить в круговорот веществ в земледелии новые количества элементов питания растений, а внесение навоза и других отходов животноводства и растениеводства – повторно использовать часть питательных веществ, уже входивших в состав предыдущих урожаев. Применение удобрений дает возможность восполнять вынос урожаями питательных веществ и непроизводительные потери их из почвы (вследствие ветровой и водной эрозии, выщелачивания, улетучивания в атмосферу и т. д.) и, таким образом, не только поддерживать, но и повышать плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур без ущерба для окружающей среды и здоровья людей. Особенно это актуально в период интенсивных технологий. В мировом земледелии наблюдается прямая зависимость уровня урожайности культур от применения минеральных удобрений и средств защиты растений.

При изучении **четвертого вопроса** необходимо ознакомиться с историческим обзором развития агрохимии, роли зарубежных и российских ученых в развитии учения о питании растений и применении удобрений, достижении современной агрохимии, структуре и задач агрохимической службы страны.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение агрохимии.
2. Назовите объекты исследования агрохимии, которые выделял ученый Д. Н. Прянишников.
3. Почему считают, что объекты агрохимии взаимозависимы? Обоснуйте ответ.
4. Какова роль органических и минеральных удобрений?
5. Перечислите основные методы агрохимии.
6. Расскажите о связи агрохимии с фундаментальными науками.
7. Какова роль агрохимии в современном сельском хозяйстве?

Тема 2. БЛОК 1. **Питание растений – основа роста и продуктивности**

Ключевые вопросы темы

1. **ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ (4 акад. ч)**
   Типы питания растений.
   Влияние внешней среды на условия питания растений и эффективность удобрений.
   Значение отдельных химических элементов в питании растений (макро- и микроэлементы).
2. **ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОЧВЫ В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ.**
   Макроэлементы.
   Микроэлементы.
3. **ДИАГНОСТИКА ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ (4 акад. ч)**
   Почвенная и растительная диагностика питания растений.
   Виды растительной диагностики (визуальная, листовая, тканевая, соковая).
   Интеграционная система почвенно-растительной диагностики.

Ключевые понятия: питание растений, фотосинтез, минеральное питание, макроэлементы, микроэлементы, ультрамикроэлементы, корневой перехват, массовый поток, диффузия, почвенный раствор, иммобилизация азота в почве, необменное поглощение азота в почве, аммонификация.

Литература: [1, с. 38–45, 45–92, 93–119], [2, с. 13–19, 73–78], [3, с. 15–185, 185–192, 192–242; 242–256]

Методические рекомендации

От оптимального режима питания сельскохозяйственных культур зависят высота урожая и химический состав – качество. Зеленые растения потребляют углекислый газ, воду и минеральные соли, преобразуя их в процессе фотосинтеза в органические вещества. Питание растений – обмен веществ между растением и средой.

Внутренние условия питания растений связаны с анатомическим и морфологическим строением, темпами роста, наступлением фаз развития, способа размножения, продуктивностью и химическим составом урожая, стойкостью к изменениям внешней среды обитания – вода, тепло, свет.

В рамках этого же вопроса происходит проверка остаточных знаний по изученным ранее дисциплинам:

ботаника – «Анатомия растений», «Морфология растений»);

физиология и биохимия растений – физиологическое строение растений, химический состав растений, фотосинтез, дыхание растений.

В первом вопросе необходимо рассмотреть типы питания: корневое и воздушное (фотосинтез, дыхание).

Воздушное питание через листья и поглощение воды и питательных элементов через корни – два процесса тесно взаимосвязаны и взаимообусловлены.

Роль воздушного питания растений огромна, так как первичные органические вещества, продуцируемые в процессе фотосинтеза составляют 90 % урожая, а сам фотосинтез является первоисточником энергии, необходимой для поступления минеральных веществ через корни и передвижения их по растению.

Здесь же рассматривается влияние условий минерального питания на содержание белков, жиров, углеводов и других органических соединений, определяющих качество урожаев сельскохозяйственных культур; процесс поглощения из внешней среды и преобразования питательных веществ в соединения, необходимые для жизнедеятельности растения; формы соединений, в которых растения поглощают элементы питания; избирательности поглощения ионов растениями.

Во втором вопросе следует рассмотреть и записать отдельные химические элементы, имеющие значимую роль в питании растений (*макро- и микроэлементы*), т. е. химические элементы необходимые и условно необходимые растениям.

Путем длительных опытов установлено, что растения нуждаются во многих элементах, которые поглощаются корнями в виде минеральных солей.

В наибольшем количестве растения поглощают 6 элементов: азот, фосфор, калий, кальций, магний, серу – МАКРОЭЛЕМЕНТЫ. Все элементы кроме азота являются зольными. С водой растения также поглощают кислород и водород.

Железо, бор, марганец, цинк, медь, молибден, кобальт, йод – МИКРОЭЛЕМЕНТЫ, играющие важную роль в процессах обмена; потребляются растениями в малых количествах.

Есть ряд элементов, которые потребляются ничтожно мало, их называют УЛЬТРАМИКРОЭЛЕМЕНТЫ: серебро, золото, радий, уран, торий и др.

В конспекте необходимо отразить краткие сведения по каждому из макро- и микроэлементу.

Третий вопрос посвящен изучению теория поглощения элементов питания, растительная диагностика питания растений, комплексная диагностика и ее использование для оптимизации питания растений.

Диагностика питания растений, дающая информацию об обеспеченности посевов питательными элементами с целью управления минеральным питанием сельскохозяйственных культур, позволяет рационально использовать удобрения в агрофитоценозах.

К методам регулирования питания растений относятся чаще почвенная и растительная диагностик, реже учитывают еще и метеорологическую. Диагностика проводится на разных этапах органогенеза и фенофаз растений.

Почвенная диагностика проводится путем агрохимического анализа почв, с определением содержания подвижных форм фосфора, калия, минерального или усвояемого азота, подвижных форм микроэлементов.

Метеорологическая диагностика позволяется прогнозировать эффективность удобрений с учетом количества выпавших остатков и содержания в почве продуктивной влаги.

Растительная диагностика проводится двумя способами: визуально и путем химического анализа тканевой и листовой частей растения.

При визуальной определяется внешне цвет посевов, которым свидетельствует или об избытке, или о недостатке питательных элементов (таблица 2).

Таблица 2 – Цвет растений как признак недостатка питательных элементов [16]

Цвет растений	Культура	Фаза роста и развития	Потребность в Питательных элементах
Желтый	Зерновые озимые и яровые	Всходы - кущение	Калий
Желтый	лён	Всходы, фаза елочки	Калий
Светло-зеленый	Яровые зерновые, лён	Кущение, выход в трубку, ёлочка	Медь
Светло-зеленый	Яровые зерновые, лён	Фаза кущения, ёлочка	Азот
Палевый	лён	ёлочка	Бор
Оливково-зеленый	картофель	бутонизация	Фосфор, калий
Темно-зеленый с голубоватым оттенком	Сахарная свёкла	6-8 листьев	Фосфор
Зеленовато-жёлтый с коричневым оттенком	Сахарная свёкла	6-8 листьев	Калий
Красно-фиолетовый	Озимые зерновые	Фаза трёх листьев, начало кущения	Фосфор
Лиловый	Озимые и яровые зерновые	Всходы, кущение	Фосфор
Серый	Овёс	3 листа, начало кущения	Марганец

Рекомендуется записать в конспекте все признаки визуальной диагностики:

– при недостатке азота: замедляется рост отдельных частей растения, растения бледно-зеленые, желто-зеленые;

– при недостатке фосфора: рост не активный, растения темно-зеленые с фиолетовым оттенком, далее появляются темно-бурые пятна с последующим некрозом тканей;

– при недостатке калия: признаки сходные с признака и азотного голодания; края листьев желтеют, буреют и засыхают, середина остается зеленой;

– при нехватке калия: нижние листья желтеют и отмирают, а у верхних белеет кончик, плоды поражаются гнилями, корни ослизняются и загнивают;

– при недостатке магния: листья приобретают «мраморность»;

– при недостатке железа: развивается хлороз – признаки недостатка хлоропластов;

– при недостатке бора: развивается хлороз и отмирание точек роста;

– при недостатке молибдена: признаки схожи с признаками азотного голодания; листья деформируются и опадают;

– при недостатке цинка: асимметричность развития листьев, с волнистыми краями; хлороз.

Признаки голодания растений становятся заметны слишком поздно, когда внесением удобрений уже нельзя восстановить нормальное состояние и продуктивность растений.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение понятию питание растений.
2. Какие типы питания существуют?
3. Расскажите про воздушное питание растений.
4. Расскажите про минеральное питание растений.
5. Как установить потребность растений в питательных элементах?
6. Объясните связь между углеродным и минеральным питанием растений.
7. Какой почвенный раствор следует считать физиологически уравновешенным?
8. В чем заключается роль микроорганизмов в питании растений?
9. Перечислите основные пути потери азота.
10. Аммонификация – это …
11. Расскажите о влиянии фосфора на жизнь растений.
12. Расскажите о значении калия в жизни и питании растений.
13. Расскажите о влиянии микроэлементов на жизнь растений. Перечислите их.

Тема 3. БЛОК 2: **Агрохимия и плодородие почвы**

Ключевые вопросы темы

1. СВОЙСТВА ПОЧВ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

Состав и свойства минеральной и органической частей почвы.

Поглотительная способность почвы.

Виды почвенной кислотности.

Степень насыщенности основаниями и буферность почв.

Содержание и формы питательных элементов в почве, их доступность растениям.

2. ХИМИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ

Известкование.

Гипсование.

3. ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ В СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ

Изменение плодородия и свойств почвы при систематическом применении удобрений.

Круговорот и баланс питательных веществ и гумуса почвы.

Ключевые понятия: плодородие почвы, поглотительная способность, биологическая активность, почва, фазы почвы, минеральная часть почвы, органическая часть почвы, гумус, гуминовые кислоты, гумины, фульвокислоты, кислотность почвы, щёлочность почвы, степень насыщенности почв основаниями, биологический круговорот веществ, баланс питательных веществ.

Литература: [1, с. 120–128, 128–134, 136–142, 142–150, 157–183], [2, с. 19–33, 33–36], [3, с. 81–98, 98–115, 115–136, 136–152]

Методические рекомендации

При изучении **первого вопроса** рассматриваются составляющие фазы почвы: твердую, жидкую (почвенный раствор) и газообразную (почвенных воздух). Почва – это не просто среда размещения корней растений и резервуар элементов питания. Это сложный биологический организм, живущий по определенным законам физико-химического и биологического превращения питательных элементов.

Важно сделать акцент на минеральной и органической частях почвы; на поглотительной способности (механической, физической, химической, физико-химической, биологической); реакции и буферных свойствах; степени насыщенности основаниями.

Вопросу по содержанию и формам питательных элементов в почве и их доступности растениям следует уделить больше времени при подготовке. Здесь необходимо записать про содержание и динамику соединений азота, фосфора, калия, микроэлементов.

Во **втором вопросе** сначала рекомендуется дать определение, что такое химическая мелиорация почв. Указать виды химической мелиорации почв – известкование, гиспование. Сформировать представление о карбонатности и солонцеватости почв.

Негативное влияние кислых почв на растения складывается из прямого воздействия повышенной концентрации ионов водорода; прямым следствием является ухудшение роста и ветвления корней, уменьшение проницаемости клеток корня. Из-за этого затрудняется использование воды и питательных элементов почвы, нарушается обмен веществ в растениях, ослабляется синтез белков, подавляется превращение простых углеводов в сложные органические соединения.

Кроме этого наблюдается ряд косвенных изменений: низкая емкость поглощения, слабая буферность, подавление почвенной микрофлоры, развитие грибковых паразитов и возбудителей болезней растений, снижение усвояемости фосфатов и пр.

Далее законспектировать, как сельскохозяйственные культуры подразделяются на несколько групп в зависимости по отношению к реакции среды:

I – культуры, не переносящие кислых почв (люцерна, эспарцет, все виды свеклы, капуста); оптимум pH 6,2–7,0;

II – культуры, чувствительные к повышению кислотности (ячмень, яровая и озимая пшеница, кукуруза, соя, фасоль, горох, вика, кормовые бобы, клевер, огурец, лук, салат); оптимум pH 5,1–6,0;

III – слабо-чувствительные к повышению кислотности (рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка, редис, морковь, томаты); оптимум pH 4,6–5,0;

IV – культуры, требующие известкования только средне- и сильнокислых почв;

V – культуры которые лучше растут на кислых почвах (люпин, серадел-ла), и хуже на щелочных.

Записать методику определения нуждаемости почв в известковании; формулу расчета доз извести в зависимости от кислотности и гранулометрического состава почвы, вида растений и севооборота; способы и сроки внесения известковых удобрений (доломитовая мука, известняковая мука, мел, мергель, торфотуф, дефекат) в почву, длительность действия. И напротив, понимать значимость гипсования – на каких типа почв проводится гипсование, какими мелиорантами (сыромолотый гипс, фосфогипс), каким способом.

Третий вопрос заключается в изучении сочетаний приемов современного земледелия, направленных на повышение плодородия и улучшения свойств почвы.

Плодородие почв – понятие сложное. Плодородные почвы должны иметь достаточный запас необходимых растениям питательных элементов.

В качестве показателей окультуренности почв используются уровень кислотности, гумуса, подвижных форм фосфора и калия. Научно-практическим путем были установлены оптимальные параметры этих показателей для основных типов почв Российской Федерации.

Далее будут раскрыты понятия о круговороте и балансе веществ в земледелии.

Записать определения, что такое биологический вынос, хозяйственный вынос питательных элементов с урожаем.

Вопросы для самоконтроля

1. Почва – это …
2. Расскажите о фазах почвы.
3. Дайте определение плодородию почвы.
4. Расскажите про возникновение минеральной части почвы. Дайте определение органическому веществу почвы.
5. Что такое гумус? Из чего он состоит?
6. Что обеспечивает поглотительную способность почв? Перечислите виды поглотительной способности.
7. Дайте определение понятиям: реакция, щёлочность и кислотность почвы.
8. Что такое буферность и кислотно-основная буферность почвы?
9. Биологическая активность почвы – это …
10. Перечислите воздействия агрохимических средств на плодородие и свойства почвы.
11. Дайте определение биологическому круговороту веществ
12. Баланс питательных веществ – это …
13. Перечислите основные статьи расхода и прихода питательных веществ.
14. Назовите главное причины потери гумуса и основные пути его компенсации. Что такое коэффициент гумификации?
15. На сколько групп делятся растения по отношению к кислотности почв и известкованию?
16. Как влияет повышенная кислотность почв на свойства почвы и растения?
17. Опишите механизм взаимодействия известковых удобрений с почвой.
18. Дайте краткую характеристику известковым удобрениям.
19. Как определяют потребность в известковании и дозы извести?
20. Назовите способы и сроки внесения известковых удобрений.

Тема 4. БЛОК 3: **Виды удобрений, их химический состав и свойства, условия повышения эффективности и методы оптимизации доз их применения.**

Ключевые вопросы темы

РОЛЬ УДОБРЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ.

Общие принципы применения удобрений.

КЛАССИФИКАЦИЯ, СОСТАВ, СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ.

Азотные удобрения.

Фосфорные удобрения.

Калийные удобрения.

Комплексные удобрения: сложные и смешанные

КЛАССИФИКАЦИЯ, СОСТАВ, СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ.

Ключевые понятия: удобрение, минеральные удобрения, органические удобрения, азотные удобрения, фосфорные удобрения, калийные удобрения, микроудобрения, комплексные удобрения, магниевые удобрения, серосодержащие удобрения, микроудобрения, навоз, бесподстилочный навоз, компосты, сидераты, сапропель.

Литература: [1, с. 185–335, 335–381], [2, с. 53–68, 68–72], [3, с. 259–391], [2, с. 391–434]

Методические рекомендации

Удобрение – это основной фактор повышения урожая.

В связи с этим при изучении первого вопроса следует сформировать четкое представление об эффективности удобрений, знать проблемы химизации земледелия. В целом необходимо усвоить, что удобрение – это еще и средство регулирования круговорота веществ в агроландшафтах.

Удобрения бывают минеральными и органическими. Минеральные удобрений представлены простыми и комплексными. Первые имеют в своем составе один питательный элемент, вторые – два-три. Органические удобрения – отходы животноводства, по своему составу являются комплексными.

Второй вопрос будет посвящен изучению только минеральных удобрений. Здесь особенно рекомендуется обратить внимание на виды, состав и свойства удобрений. Законспектировать виды азотных, фосфорных, калийных удобрений; знать и понимать их роль в жизни растений; отдельный акцент сделать на взаимодействие удобрений с почвой; понимать их трансформацию в почве, динамику.

Далее при изучении вопроса рекомендуется выполнить конспект по классификации комплексных удобрений (сложные, сложно-смешанные, смешанные, жидкие комплексные); записать их агротехническое и экономическое значение; перспективы применение комплексных удобрений.

По азотным, фосфорным и калийным удобрениям, а также удобрений микроэлементов рекомендуется конспект в следующем порядке:

– действие элемента (например, азота) на урожайность сельскохозяйственных культур;

– формы удобрений;

– название, химическая формула и процентное содержание элемента;

– круговорот элемента в природе.

При изучении азотных удобрений дополнительно следует раскрыть понятия и принципы азотфиксации, аммонификации, нитрификации, денитрификации. Влияние азотных удобрений (аммонийные, амидные, нитратные) на реакцию почвенного раствора. Использование растениями азота удобрений и его превращения в почве. Потери азота удобрений из почвы, их предотвращение. Эффективность различных форм азотных удобрений в зависимости от свойств почвы, вида растений и способа внесения удобрений. Дозы, способы и сроки внесения под основные сельскохозяйственные культуры. Влияние на урожай различных культур и его качество. Пути повышения эффективности.

Отдельно следует делать пометки об оптимизации доз удобрений и их эффективности.

Комплексными удобрениями называют удобрения, содержащие не двух элементов питания растений, которые могут содержаться либо в одной молекуле, грануле, либо в смеси компонентов.

По способу производства комплексные удобрения подразделяются на три основных типа:

1. **Сложные** (получают в едином технологическом цикле в результате химического взаимодействия исходных компонентов).

2. **Смешанные** (получают в результате механического смешения двух и более односторонних удобрений в гранулированном – гранулированные смеси, или порошкообразном (порошкообразные смеси).

3. **Сложно-смешанные** (получают смешение порошкообразных односторонних удобрений с последующим или одновременным введением в смесь аммиакатов, различных кислот и других азот- и фосфорсодержащих продуктов, а также газообразного аммиака, пара и воды.

Одним из основных качеств сложных удобрений – растворимость питательных компонентов, входящих в их состав, в воде и других растворах.

При изучении комплексных удобрений важно усвоить правила смешивания удобрений; знать особенности их применения. В процессе смешивания удобрений и хранения смесей их компоненты могут проявлять высокую реакционную способность и вступать в химическое взаимодействие друг с другом – происходят реакции обменного разложения. Поэтому качество получаемых смесей, химический состав и физическое состояние, как правило определяются теми химическими процессами, которые имеют место быть при смешивании удобрений.

Для этого разработаны правила смешивания удобрений, не редко представляемые в виде схем (таблица 3).

Таблица 3 - Схема смешивания удобрений (Минеев, 2004, С. 341)

	Сульфат аммония, аммофос, диамофос	Нитрофоски, аммиачная се-	Натриевая, кальциевая, и ка-	Цианамид кальция	Мочевина (карбамид)	Суперфосфат	Фосфоритная и костная мука	Преципитат	Томасшлак, фосфатшлак	Калийная соль, хлористый	Известь, соль	Навоз, помет
Сульфат аммония, аммофос, диамофос												
Нитрофоски, аммиачная селитра												
Натриевая, Кальциевая, и калийная селитра												
Цианамид кальция												
Мочевина (карбамид)												
Суперфосфат												
Фосфоритная и костная мука												
Преципитат												
Томасшлак, фосфатшлак												
Калийная соль, хлористый калий												
Известь, соль												
Навоз, помет												

Примечание:

Смешивать МОЖНО

Смешивать можно при определенных условиях

Смешивать НЕЛЬЗЯ

Нельзя смешивать удобрения, если они при этом теряют питательные вещества или превращаются в плохую по физическим свойствам массу, не поддающуюся механизированному внесению.

Третий вопрос посвящен изучению органических удобрений растительного и животного происхождения. их роли в повышении урожаев сельскохозяйственных культур, создания бездефицитного баланса гумуса и регулирования биологических процессов в почве. Важно сделать акцент на химическом составе и качестве навоза различных животных и птичьего помета, способах хранения, дозах, глубине заделки и способах внесения навоза под различные культуры в связи с почвенно-климатическими условиями.

Рекомендуется особенно обратить внимание на виды, состав и свойства навоза (подстилочный, бесподстилочный), торфяные компосты, навозная жижа, птичий помёт, сидераты, солома, а также их эффективность применения.

Рассмотреть применение отходов в качестве удобрений.

Вопросы для самоконтроля

1. Представьте классификацию удобрений.
2. Перечислите азотные удобрения. Какие факторы оказывают влияние на их эффективность?
3. Классификация фосфорных удобрений. Особенности их применения с учетом водорастворимости.
4. Классификация калийных удобрений. Основные пути повышения эффективности.
5. Классификация комплексных удобрений. Их эффективность.
6. Пути обеспечения растений магнием. Классификации магниевых удобрений по их растворимости и составу.
7. Классификация микроудобрений.
8. Дайте характеристику навозу как удобрению. Стадии разложения навоза.
9. Эффективность навоза и продолжительность его действия.
10. Степени разложения торфа. Назовите основные функции соломы в качестве удобрения.
11. Функции зеленого удобрения. Расскажите про его виды.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

Учебным планом по направлению подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение» по дисциплине «Агрохимия» предусматривается 25,4 ч самостоятельной работы в пятом семестре, и 83 ч в шестом.

Планирование времени при самостоятельной работе обучающегося играет большую роль при изучении дисциплины. Распределение времени самостоятельной работы обучающегося, представленное в таблице 4, носит рекомендательный характер.

Таблица 4 – Самостоятельная работа обучающихся

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Кол-во часов	
		Очная форма	Заочная форма
Пятый семестр			
1	Цель и задачи дисциплины. Введение в агрохимию. История развития агрохимии.	**1**	–
2	***БЛОК 1:* Научные основы питания растений**	**4,5**	–
2.1	*Особенности питания растений*	*2*	
2.2	*Диагностика питания растений*	*2,5*	
3	***БЛОК 2:* Агрохимия и плодородие почвы**	**10**	–
3.1	*Химические элементы почвы в жизни растений. Питательный режим почв*	*2*	
3.2	*Химическая мелиорация*	*4*	
3.3	*Свойства почвы и расширенное воспроизводство её плодородия в связи с применением удобрений*	*4*	
4	***Подготовка к защите лабораторных работ***	***10***	
Шестой семестр			
5	***БЛОК 3:* Виды удобрений, их химический состав и свойства, условия повышения эффективности и методы оптимизации доз их применения.**	**10**	**–**
5.1	*Роль удобрений в формировании систем земледелия*	*10*	
5.2	*Общие принципы применения удобрений*	*10*	
5.3	*Классификация, состав, свойства и особенности применения минеральных удобрений*	*10*	
5.4	*Классификация, состав, свойства и особенности применения органических удобрений*	*10*	
6	***Подготовка к защите лабораторных работ***	***13***	
7	***Выполнение курсовой работы***	***30***	
Итого		**108,4**	**–**

Самостоятельная работа ориентирована на поэтапное закрепление теоретических знаний и практических навыков, полученных на аудиторных занятиях и лабораторных работах. Наибольшая доля времени направлена на изучение конкретных вопросов агрохимии, выданных преподавателем.

Главный принцип самостоятельной работы студента заключается в создании условий индивидуальной интеллектуальной инициативы и мышления, с переходом от формального пассивного выполнения заданий к познавательной активности с формированием собственного мнения при решении поставленных проблемных вопросов и задач.

Для успешного усвоения материала рекомендуется повторить пройденный материал по темам лекционных занятий.

Наибольшая доля времени направлена на подготовку к промежуточной аттестации. Для успешного прохождения текущей аттестации студенту по лабораторным работам следует выполнить задание и ответить на один-два вопроса по теме занятия.

Система оценивания лабораторных работ по дисциплине «Агрохимия» заключается получением студента оценки **«зачтено» / «не зачтено».**

Для прохождения **промежуточной аттестации – экзамен,** студент должен показать набор знаний, необходимых для системного взгляда на изучаемый объект и в состоянии решить поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом (таблица 5).

Таблица 5 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок / Критерий	**2**	**3**	**4**	**5**
	0–40 %	**41–60 %**	**61–80 %**	**81–100 %**
	«неудовлетворительно»	**«удовлетворительно»**	**«хорошо»**	**«отлично»**
	«не зачтено»	**«зачтено»**		
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Работа с информацией	Не в состоянии находить	Может найти необ-	Может найти, ин-	Может найти, систематизиро-

Система оценок / Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	**41–60 %**	**61–80 %**	**81–100 %**
	«неудовлетворительно»	**«удовлетворительно»**	**«хорошо»**	**«отлично»**
	«не зачтено»	**«зачтено»**		
	необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	ходимую информацию в рамках поставленной задачи	терпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	вать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3.Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно-корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно- корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Данная система является экспертной и зависит от уровня освоения студентом материала (наличия и сущности ошибок, допущенных студентом при ответе на вопросы).

В случае если студент не смог дать полный и верный ответ, преподаватель может задать дополнительные вопросы.

4 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

При самостоятельной внеаудиторной работе обучающегося по темам лекционного курса для подготовки к промежуточной аттестации, рекомендуются следующие литературные источники:

1. Ягодин, Б. А. Агрохимия: учебник для вузов / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 584 с. – ISBN 978-5-8114-8478-2.
2. Глухих, М. А. Агрохимия: учеб. пособие для вузов / М. А. Глухих. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 120 с. – ISBN 978-5-8114-8454. (ЭБС Издательство «Лань»).
3. Минеев, В. Г. Агрохимия: учебник / В. Г. Минеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: МГУ, «КолосС», 2004. – 720 с.
4. Осипов, А. И. История научных исследований в агрохимии и перспективы применения удобрений в России [электронный ресурс] / А. И. Осипов, В. П. Якушев, В. В. Якушев // Агрохимический вестник, 2020. – №2. – С. 73–79. – Режим доступа: URL: https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-nauchnyh-issledovaniy-v-agrohimiii-i-perspektivy-primeneniya-udobreniy-v-rossii/viewer (дата обращения 24.10.2022 г.).
5. Вильдфлуш, И. Р. Агрохимия. Удобрения и их применение в современном земледелии: учеб.-методич. пособие / И. Р. Вильдфлуш, В. В. Лапа, О. И. Мишура; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Горки: БГСХА, 2019 – 405 с. – ISBN 978-985-467-934-1.
6. Шеуджен, А. Х. Агрохимия: учеб. пособие / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров / под ред. А. Х. Шеуджена. – 2-е изд., перераб. и доп. – Майкоп: Изд-во «Афиша», 2006 – 1075 с.- ISBN 5-7992-0375-5.
7. Уткин, А. А. Химия минеральных удобрений: учеб. пособие / А. А. Уткин. – Иваново: ИГСХА им. акад. Д.К.Беляева, 2021. – 91 с. (ЭБС Издательство «Лань»).
8. Самсонова, Н. Е. Основы минерального питания растений и технологий применения удобрений: учеб. пособие / Н. Е. Самсонова. – Смоленск: Смоленская ГСХА, 2021. - 256 с. (ЭБС Издательство «Лань»).
9. Ненайденко, Г. Н. Минеральные удобрения (их свойства и особенности использования): учеб. пособие / Г. Н. Ненайденко, А. А. Борин. – Иваново: ИГСХА им. акад. Д.К.Беляева, 2018. – 157 с. (ЭБС Издательство «Лань»).
10. Троц, Н. М. Агрохимия: учеб. пособие / Н. М. Троц, М. А. Габибов, Д. В. Виноградов. – Самара: СамГАУ, 2021. – 165 с. – ISBN 978-5-88575-645-7. (ЭБС Издательство «Лань»).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Осипов, А. И. История научных исследований в агрохимии и перспективы применения удобрений в России [Электронный ресурс] / А. И. Осипов, В. П. Якушев, В. В. Якушев // Агрохимический вестник, 2020. – № 2. – С. 73–79. – Режим доступа: URL: https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-nauchnyh-issledovaniy-v-agrohimiii-i-perspektivy-primeneniya-udobreniy-v-rossii/viewer (дата обращения 24.10.2022 г.).

2. Нечаева, Т. В. Роль агрохимии в условиях современного земледелия в России [Электронный ресурс] / Т.В. Нечаева, С.Л. Быкова // Живые и биокосные системы. – 2014. – № 7. – Режим доступа: URL: http://www.jbks.ru/archive/issue-7/article-7.

3. Кудеяров, В. Н. Современное состояние баланса гумуса и питательных веществ в земледелии России / Агрохимии в XXI веке: материалы Международной Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной памяти академика РАН В.Г. Минеева (27–28 сентября 2018 г.) / под ред. В. А. Романенкова. – Москва, 2018. – 280 с. – ISBN 978-5-9238-0254-2.

4. Шеуджен, А. Х. Эффективность удобрений в Краснодарском крае: проблемы агрохимии и экологии / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, С. В. Жиленко. – 2009. – № 4. – С. 32-38.

5. Фиксен, Пол И. Концепция повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и эффективности использования элементов питания растениями / И. Пол Фиксен // Питание растений. – 2010. – № 1. – С. 2–7.

6. Ягодин, Б. А. Агрохимия: учебник для вузов / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 584 с. – ISBN 978-5-8114-8478-2.

7. Глухих, М. А. Агрохимия: учеб. пособие для вузов / М. А. Глухих. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 120 с. – ISBN 978-5-8114-8454.

8. Минеев, В. Г. Агрохимия: учебник / В. Г. Минеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: МГУ, «КолосС», 2004. – 720 с.

9. Осипов, А. И. История научных исследований в агрохимии и перспективы применения удобрений в России [Электронный ресурс] / А. И. Осипов, В. П. Якушев, В. В. Якушев // Агрохимический вестник, 2020. – № 2. – С. 73–79. – Режим доступа: URL: https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-nauchnyh-issledovaniy-v-agrohimiii-i-perspektivy-primeneniya-udobreniy-v-rossii/viewer (дата обращения 24.10.2022 г.).

10. Вильдфлуш, И. Р. Агрохимия. Удобрения и их применение в современном земледелии: учеб.-методич. пособие / И. Р. Вильдфлуш, В. В. Лапа, О. И. Мишура; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Горки: БГСХА, 2019. – 405 с. – ISBN 978-985-467-934-1.

11. Шеуджен, А. Х. Агрохимия: учеб. пособие / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров; под ред. А. Х. Шеуджена. – 2-е изд., перераб. и доп. – Майкоп: Изд-во «Афиша», 2006 – 1075 с. – ISBN 5-7992-0375-5.

12. Уткин, А. А. Химия минеральных удобрени: учеб. пособие / А. А. Уткин. – Иваново: ИГСХА им. акад. Д.К. Беляева, 2021. – 91 с. – Текст: (ЭБС Издательство «Лань»).

13. Самсонова, Н. Е. Основы минерального питания растений и технологий применения удобрений: учеб. пособие / Н. Е. Самсонова. – Смоленск: Смоленская ГСХА, 2021. – 256 с. – Текст: электронный (ЭБС Издательство «Лань»).

14. Ненайденко, Г. Н. Минеральные удобрения (их свойства и особенности использования): учеб. пособие / Г. Н. Ненайденко, А. А. Борин. – Иваново: ИГСХА им. акад. Д.К. Беляева, 2018. – 157 с. – Текст: электронный (ЭБС Издательство «Лань»).

15. Троц, Н. М. Агрохимия: учеб. пособие / Н. М. Троц, М. А. Габибов, Д. В. Виноградов. – Самара: СамГАУ, 2021. – 165 с. – ISBN 978-5-88575-645-7. (ЭБС Издательство «Лань»).

16. Вильдфлуш, И. Р. Агрохимия / И. Р. Вильдфлуш, С. П. Куклеш, В. А. Ионас [и др.]. – Минск: Ураджай, 1995. – 480 с. – ISBN 985-04-0057-9.

Локальный электронный методический материал

Татьяна Николаевна Троян

АГРОХИМИЯ

Редактор С. Кондрашова
Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 2,2. Печ. л. 1,8.

Издательство федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1