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

О. А. Анциферова, Т. Н. Троян

МЕТОДЫ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

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 631.471(075)

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

Анциферова, О. А.

Методы почвенных исследований: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для обучающихся в бакалавриате по напр. подгот. 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение / О. А. Анциферова, Т. Н. Троян. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 27 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Методы почвенных исследований» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля.

Табл. 3, список лит. – 11 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой агрономии и агроэкологии 26 сентября 2022 г., протокол № 3

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» 30 сентября 2022 г., протокол № 10

УДК 631.471(075)

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение……. 4

1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН…… 5
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ ЛЕКЦИЙ…… 7
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ…….. 22
4. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК…….. 25

Список использованных источников …….. 26

ВВЕДЕНИЕ

Экология без почвы – безпочвенна.

Почва – фактор экологического равновесия на планете Земля; основа социального и экономического развития общества.

Анализ почв является главным средством познания генезиса и плодородия почв. Изучение почв происходит различными методами в зависимости от стоящих задач.

Методы почвенных исследований – дисциплина, направленная на овладение принципами и методами современного анализа почв. На методах почвенных исследований базируется каждый раздел почвоведения как фундаментальной науки и многочисленные прикладные направления (геохимия почв, мелиорация почв, агропочвоведение, агрофизика, агроэкологический мониторинг почв, агрохимия и др.).

Дисциплина «Методы почвенных исследований» в учебном плане по направлению подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение осваивается в шестом семестре обучения и направлена на подготовку обучающихся к умению проводить агрохимические, агрофизические анализы почв при решении профессиональных задач.

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

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

1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Дисциплина «Методы почвенных исследований» относится к «Профессиональному модулю» блока 1 части ОПОП ВО по направлению подготовки 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение.

Целью освоения дисциплины является овладение студентами основными современными методами проведения лабораторных и натурных исследований почв.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение современных методов исследования элементного, минералогического, химического, агрофизического состава почв;
- освоение методов оценки свойств, процессов и режимов в почвах;
- выработка умений пользоваться современной почвенной терминологией, лабораторным оборудованием, измерительными приборами, химической посудой и реактивами, применяемыми в аналитической практике при исследовании почвенных образцов, обобщать и правильно интерпретировать результаты анализов.

Осваивая курс «Методы почвенных исследований» предусматривается аудиторная работа обучающегося – лекции (таблица 1), лабораторные работы, и внеаудиторная самостоятельная деятельность.

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

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Кол-во часов
		очная форма
1	Цель и задачи дисциплины. Характеристика почвы как объекта исследований	2
2	Классические и современные методы изучения минералогического и элементного состава почв	4
3	Система и методы химического анализа почв	8
4	Методы изучения физических свойств почв	4
5	Методы изучения передвижения почвенной влаги и водного режима	2
6	Методы изучения гумусового состояния почв	2
7	Методы изучения газовой фазы и воздушных свойств почв	2
8	Методы изучения миграции вещества в почвах	2
9	Методы сорбционных взаимодействий и состояния вещества в почвах	2
10	Методы математической статистики в почвоведении	2
Итого		30

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 необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

При реализации дисциплины «Методы почвенных исследований» 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:

– современную почвенную терминологию, свойства, процессы и режимы почв теоретические основы применения методов исследования почв;

уметь:

– ориентироваться в современных методиках анализа почв;

– качественно выполнять основные виды анализов;

– разбираться в инструментальной лабораторной базе;

– организовывать режимные исследования почв;

– делать правильный выбор метода в зависимости от задачи исследования;

владеть:

– методами элементного, химического анализа почв;

– методами исследования органического вещества, водных, физических, тепловых, окислительно-восстановительных свойств почв;

– методами миграции веществ в почвах и сорбционных взаимодействий.

Для успешного освоения дисциплины «Методы почвенных исследований» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень ключевых вопросов для самоконтроля работы студентов.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ ЛЕКЦИИ

Тема 1. Цель и задачи дисциплины. Характеристика почвы как объекта исследований

Ключевые вопросы темы

1. Цели и задачи освоения дисциплины.
2. Место почвоведения в системе прикладных и фундаментальных наук.
3. Особенности почвы как объекта исследований.
4. Особенности элементного и вещественного состава почвы.
5. Пространственная неоднородность почвы и особенности почвенных процессов на различных уровнях структурной организации.

Ключевые понятия: почва, полихимизм, гетегоренность, неоднородность, полидисперсность, пространственная неоднородность, уровни организации почв, группировки методов исследований.

Литература: [1, с. 4–6, 6–8, 8–28], [2, с. 3–7, 7–15], [3, с. 6–26].

Методические рекомендации

Первый вопрос лекции посвящен раскрытию цели и задач дисциплины; планируемых результатов освоения дисциплины. В рамках этого же вопроса происходит проверка остаточных знаний по предыдущим дисциплинам (общее почвоведение, геология, география почв).

При изучении второго вопроса обучающему рекомендуется обратить внимание на сложность почвы, ее многофазность, необходимость грамотного выбора методов исследования, поэтому рекомендуется вспомнить и повторить о том, что:

1) почва – сложная биокосная структурная система;
2) почва – биокосная четырехфазная (жидкая, газообразная, твердая, живая) открытая система;
3) почва – сложная система структурной организации иерархических уровней (атомный – ионно-молекулярный – элементарных частиц – агрегатный – горизонтальный – профильный – почвенного покрова).

После этого следует говорить о роли почвоведения в системе прикладных и фундаментальных наук, его связи с другими науками агрономического и агроэкологического профиля.

При изучении следующего вопроса следует обратить внимание на пространственную неоднородность почвы и особенностей почвенных процессов на различных уровнях структурной организации, что создает большие сложности при её изучении. При изучении почвы на каждом

конкретном уровне требует применения своих методических подходов и специфических методов исследования. Именно этому и будет посвящен весь курс дисциплины.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение «почва».
2. Назовите какие фазы входят в строение почвы?
3. Назовите иерархическую структурную организацию почвы?
4. Перечислить особенности почвы, характеризующие ее сложность как объекта исследований
5. Описать принципы группировок методов исследования в почвоведении.
6. Привести группировку методов по разделам почвоведения.

Тема 2. Классические и современные методы изучения минералогического и элементного состава почв

Ключевые вопросы темы

1. Почвенные минералы как источник элементов минерального питания растений, влияние на остальные физико-химические и водно-физические свойства почвы.
2. Инструментальные методы определения минералов в почвах.
3. Использование данных анализа для характеристики особенностей минералогического состава почв.
4. Микроморфологический метод изучения почв.
5. Характеристика методов элементного анализа почв: химические и инструментальные методы.
6. Характеристика методов валового анализа без специальной подготовки почвы (рентгенофлуоресцентный метод).
7. Использование данных элементного анализа для объяснения генетических концепций в почвоведении.
8. Использование валового анализа для характеристики уровня загрязнённости почв тяжелыми металлами.

Ключевые понятия: элементарный (вещественный) состав почвы минералы, элементарный анализ, инструментальные методы, химические методы, методы почвенной минералогии, микроморфология почв, методы элементного анализа минеральной части почв

Литература: [1, с. 29–32; 92–97], [2, с.16], [3, с.139–159], [4, с.106–109].

Методические рекомендации

В начале лекции важно вспомнить и записать методы, используемые в почвенных исследованиях, среди которых есть и классические и современные: профильный, морфологический, сравнительно-географический, стационарный, почвенных лизиметров, почвенных монолитов, моделирования, палеогеографический, почвенно-археологический, радиоизотопный, биогеноценотический, аэрокосмический, лабораторные, инструментальные (фотоколориметрический, полярографический, спектрометрический, пламенной фотометрический, электро-микроскопический, рентгенографический), карто-графический.

В первом вопросе необходимо записать, что элементарный состав почвы позволяет получить представление об общем содержании каждого из химических элементов в почве и оценить итоги процессов почвообразования. Однако он малоинформативный, поэтому опираются на вещественный состав – набор и содержание в почве индивидуальных химических соединений.

При освоении данной темы курса необходимо изучить значение почвенных минералов и современные методы почвенной минералогии. Обратить внимание на сущность различия макро- и микромофологических исследований. Знать методы почвенной микроморфологии и прикладное значение результатов исследований.

При изучении вопросов требуется понимать суть различных подходов к элементному (валовому) анализу почв, знать принципы методов и область их применения, уметь интерпретировать результаты.

Вопросы для самоконтроля

1. Привести классификацию почвенных минералов
2. Перечислить инструментальные методы определения минералов в почвах.
3. В чем заключаются основные положения микроморфологии?
4. Назвать методы микроморфологического анализа и охарактеризовать их.
5. Какими методами можно выполнить элементный (валовой) анализ минеральной части почв?
6. Как используются данные элементного анализа для объяснения генетических концепций в почвоведении?
7. Какие показатели валового состава почв используются для контроля содержания тяжелых металлов в почвах?
8. Перечислите и охарактеризуйте существующие методы исследования почв.
9. Назовите инструментальные методы.

Тема 3. Система и методы химического анализа почв

Ключевые вопросы темы

1.Химический состав почв.
2. Химические методы.
3. Инструментальные методы.
4. Биохимические методы.

Ключевые понятия: химические методы, химический состав почв

Литература: [1, с. 87–88], [2, с. 16–18], [3, с. 78–113], [4, с.66–81].

Методические рекомендации

В первом вопросе изучаемой темы необходимо сформировать целостное представление об общей системе показателей химического состава почв. Можно оформить материал в форме таблицы или диаграммы.

Второй вопрос посвящен изучению химических методов – гравиметрических, титриметрических. Это классические методы. Они более точные – погрешность редко превышает 0,1–0,2 %, тогда как у инструментальных 2–5 %.

Гравиметрический анализ заключается в выделении вещества в чистом виде и его взвешивании. Такое выделение проводят осаждением. Реже выделяют в виде летучего соединения (методы отгонки). Гравиметрия – безэталонный метод; недостатком является длительность определения.

Гравиметрически можно определить большинство неорганических катионов, анионов, нейтральных соединений типа I_2, H_2O, CO_2, SO_2.

Титриметрический метод проводится методом титрования, чтобы зафиксировать конец реакции, который называют точкой стехиометричности, раствор с известной концентрацией вещества (титрантом) постепенно, небольшими порциями, добавляют к раствору определяемого вещества. Экспериментально конец титрования устанавливается по изменению цвета индикатора.

Классические методы постепенно уступают инструментальным:

1. Спектроскопические (оптические):
   а) спектрофотометрия;
   б) атомно-абсорбционная спектрофотометрия;
   в) спектроскопия в ближней ИК-области;
   г) EXAFS-спектроскопия.
2. Ионометрические (с использованием ионоселективных электродов).
3. Рентгенофлуоресцентный.
4. Атомно-эмиссионный.
5. Нейронно-активационный (для определения N, P, K, Mg, Cl, Si).
6. Метод сухого сжигания.

7. Хроматографический.
8. Электронно-микроскопический.

В последнем вопросе говорится о биологических методах анализа. К биологическим методам относятся методы, основанные на использовании процессов, происходящих с участием биологических компонентов (ферменты, антитела)

В целом в вопросах детализируются методы химического анализа по отдельным направлениям исследований свойств почв. Запомнить вариабельность методик в зависимости от зональных условий почвообразования. Знать сущность схемы фракционного и группового анализа соединений железа, алюминия, фосфора в почвах. Уметь объяснять степень развития почвообразовательных процессов (оглеение, аллитизация и др.) на основе результатов анализа.

Обратить внимание на прикладные аспекты применения методик химического анализа почв и их значение в агропочвоведении, агроэкологии, агрохимии, агрономии.

Вопросы для самоконтроля

1. Изложить систему показателей химического состава почв.
2. Перечислить методы исследования вещественного состава почв и их сущность.
3. Каковы показатели и способы оценки подвижности химических элементов в почвах?
4. Описать методы оценки кислотно-основных свойств почв.
5. Какие показатели используются для оценки катионообменных свойств почв, и каковы методы их определения?
6. Описать показатели и методы изучения фракционного и группового состава соединений железа в почвах.
7. Привести схему и методы изучения фракционного и группового состава соединений алюминия в почвах.
8. Назвать основные методы анализа фракционного и группового состава соединений фосфора в почвах.

Тема 4. Методы изучения физических свойств почв

1. Физика твердой фазы почв. Методы определения гранулометрического состава почв и удельной поверхности.
2. Прямые и косвенные методы определения структуры почвы.
3. Методы определения общих физических свойств почв.
4. Физико-механические свойства почв и методы определения.

Ключевые понятия: гранулометрический состав почв, структура почв,

агрегатный состав, механическая прочность и водопрочность структуры, микроструктурный анализ, плотность твердой фазы, плотность сложения, пористость почв, липкость, твердость, усадка, набухание, удельное сопротивление почв.

Литература: [2, с. 60–68]

Методические рекомендации

При изучении вопросов рассматриваемой темы обучающимся необходимо запомнить общую схему исследований физических свойств почв, разбираться в сущности методик и делать правильный выбор методов анализа в зависимости от задач исследования.

Следует обратить внимание на принципы и методы разделения почвы на фракции элементарных почвенных частиц и микроагрегатов. Требуется грамотно разбираться в методах исследований физических, физико-механических свойств почв, понимать прикладное значение и уметь оценивать результаты анализа.

В процессе обучения необходимо фиксировать достоинства и недостатки методов анализа, современные пути совершенствования приборной базы.

Вопросы для самоконтроля

1. Изложить схему методов анализа физических свойств почв.
2. Описать методы определения гранулометрического состава почв.
3. Назвать прямые и косвенные методы определения структуры почвы.
4. Охарактеризовать методы определения общих физических свойств почв.
5. Какие методы применяются для изучения физико-механических свойства почв?

Тема 5. Методы изучения передвижения почвенной влаги и водного режима

1. Физика жидкой фазы почв. Энергетическое состояние и свойства почвенной влаги.
2. Основная гидрофизическая характеристика почвы.
3. Методы определения влажности и почвенно-гидрологических констант.
4. Натурные и лабораторные методы изучения водных свойств и передвижения влаги в почве.
5. Водный баланс и методы его определения.

Ключевые понятия: давление влаги в почве, основная гидрофизическая характеристика почвы (ОГХ), влажность (максимальная гигроскопическая,

гигроскопическая, полевая), почвенно-гидрологические константы, влагоемкость (наименьшая, полная), водоподъемная способность, фильтрация, водный баланс.

Литература: [2, с. 25–39] .

Методические рекомендации

При изучении первого вопроса темы необходимо рассмотреть состояния воды в почвах (твердая, химически связанная, сорбированная, свободная). Обратить внимание на доступность влаги растениям, записать основные определения.

Водные свойства – это совокупность свойств почвы, определяющих поведение почвенной влаги в ее профиле. К ним относятся водопроницаемость, водоподъемная способность и водоудерживающая способность.

Водопроницаемость – способность почвы впитывать и пропускать через себя воду, поступающую на ее поверхность.

Водоподъемная способность – свойство почвы вызывать восходящее передвижение содержащейся в ней влаги за счет капиллярных сил.

Водоудерживающая способность – свойство почвы удерживать от стекания воду, содержащуюся в ней, под влиянием силы тяжести сорбционными и капиллярными силами.

Влагоёмкость почвы – количество воды, которое способна удержать почва теми или иными силами.

Капиллярная влагоёмкость – максимальное количество капиллярно-подпертой влаги, которое содержится в слое почвы, находящемся в пределах капиллярной влаги.

Полная влагоёмкость – наибольшее количество влаги, которое содержится в почве при условии полного заполнения всех пор водой.

При изучении второго вопроса рассмотреть понятие об ОГХ, методах ее определения. При рассмотрении третьего вопроса ориентироваться в классических и инструментальных методах определения влажности почв. Обратить внимание на важное прикладное значение почвенно-гидрологических констант и способы их определения.

Изучить сущность натурных и лабораторных методов определения водных свойств и передвижения влаги в почве. Необходимо понимать математические выражения законов, описывающих движение влаги в почвах.

Обратить внимание на определение понятия водного баланса, его прикладное значение и методы исследования.

Вопросы для самоконтроля

1. Описать формы воды в почве и их доступность растениям

2. Дать определение основной гидрофизической характеристике почвы.

3. Перечислить и охарактеризовать методы определения влажности в почвах.

4. Дать определение почвенно-гидрологическим константам и указать методы их анализа.

4. Какие методы используют для изучения водных свойств почв?

5. На каких законах основано движение влаги в насыщенной и ненасыщенной почве?

5. Дать определение понятию водный баланс и охарактеризовать методы его исследования.

Тема 6. Методы изучения гумусового состояния почв

Ключевые вопросы темы

1. Методы определения общего содержания органического углерода.
2. Методы анализа фракционного и группового состава гумуса.
3. Элементный анализ органического вещества почв.
4. Методы изучения гумификации и минерализации растительных остатков в почвах.
5. Методы исследования органо-минеральных взаимодействий в почвах.

Ключевые понятия: органический углерод, гумус, фульвокислоты, гуминовые кислоты, гумин, гематомелановые кислоты, гумификация, минерализация, органо-минеральные комплексы.

Литература: [1, с. 155–156, 156–163], [2, с. 83–90, 90–93], [3, с.160–182], [4, с.115–134].

Методические рекомендации

В первом вопросе необходимо сформировать целостное представление о гумусе почв, долевом участии органического углерода в нем. Усвоить основные методы (классические и инструментальные) для анализа органического углерода.

Гумус – это сложный динамический комплекс органических соединений, образующихся при разложении и гумификации органических остатков в почве.

Органическое вещество почвы – это вся совокупность органических соединений, присутствующих в почвах.

Оптимальное содержание гумуса выполняет следующие функции: обеспечивает агрономически ценную структуру, водно-воздушный режим, улучшает прогреваемость почв, почвы устойчивы к эрозии, дефляции.

Для дерново-подзолистых почв оптимальным уровнем гумуса считается 2,5–4 %.

В рамках второго вопроса рекомендуется запомнить, что в составе органического вещества почвы выделяют:

→ неразложившиеся растительные остатки и органические вещества животного происхождения;

→ промежуточные продукты разложения;

→ собственно гумусовые вещества специфической природы.

Во втором вопросе ознакомиться с методами фракционного и группового состава гумуса, их достоинствами и недостатками. Изучить шкалу оценки гумусного состояния почв (по Д. С. Орлову).

В третьем вопросе обратить внимание на аппаратуру для исследования элементного состава органического вещества почв.

В следующих вопросах следует изучить методы исследования гумификации и минерализации, знать прикладное значение данных показателей в балансе гумуса в агроценозах; сделать акцент на роль гумуса в детоксикации загрязняющих веществ. Необходимо понимать сущность органо-минеральных взаимодействий в почвах.

В рамках последнего вопроса следует вести конспект по следующим пунктам:

1. Методы определения общего содержания органического углерода.
2. Методы анализа фракционного и группового состава гумуса.
3. Элементный анализ органического вещества.
4. Методы изучения гумификации и минерализации растительных остатков в почвах.
5. Изучение органо-минеральных взаимодействий в почвах.
6. Роль гумуса в детоксикации загрязняющих веществ.

Вопросы для самоконтроля

1. Назвать прямые и косвенные методы определения общего содержания органического углерода.

2. Каковы методы анализа фракционного и группового состава гумуса и в чем их недостатки?

3. Из каких элементов состоит органическое вещество почв?

4. Какими методами определяют элементный анализ органического вещества почв?

5. Дать определение понятиям гумификации и минерализации в почвах.

6. Описать методы исследования гумификации и минерализации растительных остатков.

5. Охарактеризовать методы исследования органо-минеральных взаимодействий в почвах.

Тема 7. Методы изучения газовой фазы и воздушных свойств почв

Ключевые вопросы темы

1. Газовая фаза почв и методы изучения состава почвенного воздуха.
2. Воздухоемкость и методы ее изучения.
3. Теплофизика почв. Энергетический баланс почвы. Теплофизические характеристики и методы изучения.

Ключевые понятия: воздухоемкость, воздухопроницаемость, газообмен, воздухообмен в почве, состав почвенного воздуха, аэрация почвенного воздуха, альбедо поверхности почвы, радиационный баланс, теплота смачивания, темплоемкость, теплопроводность, температуропроводность.

Литература: [2, с. 65, 142].

Методические рекомендации

При изучении темы в первом вопросе рассматривается состав почвенного воздуха, факторы его формирования, причины отличия от атмосферного воздуха. Во втором вопросе уделяется внимание основным показателям воздушных свойств почв и методам их исследования. Следует обратить внимание на физические законы, применимые к теме. Отметить актуальность исследования и прикладное значение газообмена и роли почвы в эмиссии парниковых газов.

При освоении третьего вопроса также важно понимать физические основы формирования тепловых свойств почв. Обратить внимание на связь теплофизических показателей и агрономической группировки почв на теплые и холодные. Необходимо знать суть методов исследования и понимать принципы работы приборов.

Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризовать состав почвенного воздуха.
2. Перечислить воздушные свойства почв и методы их изучения.
3. Описать сущность показателя rH_2 и его прикладное значение для оценки почв агроландшафтов.
4. Дать определение понятию альбедо почвы и указать его прикладное значение. Какими приборами измеряют альбедо?
5. Что подразумевают под понятием энергетический баланс почвы?
6. Назвать теплофизические показатели почвы и методы их исследования.

Тема 8. Методы изучения миграции вещества в почвах

Ключевые вопросы темы

1. Лизиметрические колонки.
2. Метод стоковых и воднобалансовых площадок.

3. Изотопно-индикаторный метод. Краткая характеристика радиоактивных изотопов, используемых в почвенных исследованиях.

Ключевые понятия: лизиметры, стоковые площадки, воднобалансовые площадки, радиоактивные изотопы.

Литература: [1, с. 56], [2, с.144–149], [4, .63–66].

Методические рекомендации

При изучении первого вопроса следует знать конструкции лизиметров, понимать область их применения.

При освоении второго вопроса изучить правила устройства стоковых и водно-балансовых площадок, знать их достоинства и недостатки, правильно интерпретировать результаты исследований.

При овладении материалом третьего вопроса необходимо обратить внимание на прикладные аспекты использования радиоактивных изотопов в агрохимии, почвоведении, агроэкологии. Знать условия работы с радиоактивными изотопами.

Вопросы для самоконтроля:

1. Описать строение основных конструкций лизиметров.
2. Охарактеризовать принципы устройства стоковых и воднобалансовых площадок.
3. Перечислить основные радиоактивные изотопы, используемые в почвенных исследованиях
4. Описать сущность изотопно-индикаторных методов в приложении к задачам почвенных, агрохимических и агроэкологических исследований.

Тема 9. Методы сорбционных взаимодействий и состояния вещества в почвах

Ключевые вопросы темы

1. Значение сорбционных процессов в явлениях засоления и кислотности.
2. Сорбция удобрений и пестицидов в почвах.
3. Методы изучения кинетики, статики и динамики сорбции.
4. Использование сорбционных параметров для оценки доступности веществ для растений и их миграционные способности.

Ключевые понятия: сорбция, десорбция, засоление, кислотность, изотермы сорбции.

Литература: [1, с. 232–233].

Методические рекомендации

При изучении первого вопроса обратить внимание на сущность процессов засоления, солонцеватости, кислотности. Необходимо запомнить особенности сорбции катионов и анионов из удобрений и пестицидов.

При освоении третьего вопроса понимать принципы составления изотерм сорбции.

Обратить внимание на прикладные аспекты явлений сорбции и ее особенностей для применения в агрохимии и агроэкологии.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие виды поглотительной способности участвуют в процессах засоления, осолосонцевания, кислотности?
2. Привести группировки катионов и анионов по степени сорбируемости почвой.
3. Изложить принципы составления изотрем сорбции.
4. Как влияют сорбционные параметры на доступность веществ для растений и их миграционные свойства в почвах?

Тема 10. Методы математической статистики в почвоведении

Ключевые вопросы темы

1. Основные статистические показатели при анализе почвенных данных.
2. Виды анализа данных почвенных выборок.

Ключевые понятия: выборка, нормальное распределение, среднее арифметическое, ошибка среднего, стандартное отклонение, коэффициент вариации, показатель точности, корреляционный, регрессионный, дисперсионный анализ.

Литература: [4, с. 66], [5, с. 207–2018, 248–260, 268–301], [6, с. 28–30, 42–53, 53–65, 65–75], [7, с. 131–134, 139–144, 144–149, 149–151], [8, с. 40–41, 70–74, 84–89], [9, с. 82–84, 84–87, 87–90], [10], [11]

Методические рекомендации

При изучении темы необходимо понимать сущность основных статистических показателей и область их применимости в почвоведении. Обратить внимание на компьютерные программы для статистических расчетов. Стремиться к правильной интерпретации данных экспериментальных исследований.

В первом вопросе раскрываются критерии, которым должен отвечать полевой опыт, а именно, **требованиям достоверности**. Различают достоверность полевого опыта по существу, т. е. соответствие опыта поставленным задачам исследования. Кроме того, различают понятие достоверности, или существенности, результатов полевого опыта.

Достоверность опыта методическая – это чёткое соблюдение всех методических требований: планирование опыта на современном уровне знаний, правильный выбор условий и объектов исследований, безошибочное закладывание и проведение опытов, правильный выбор и применение соответствующих методов статистической обработки данных, а также объективное обобщение результатов исследований.

Достоверность опыта статистическая состоит в определении достоверности (существенности) разниц между средними арифметическими значениями ($\underline{x}$), корреляций (r), регрессией (*Rxy*) и др. с помощью статистических критериев (t, F) и наименьших существенных разностей НСР.

Ошибка опыта (наблюдения) – разница между действительным значением исследуемого показателя и результатами исследований. Эту ошибку выражают в тех же самых единицах, что и изучаемый показатель, и обозначают $S\underline{x}$.

Относительная ошибка опыта (наблюдения) – это ошибка опыта, выраженная в процентах по отношению к среднему арифметическому значению, обозначается $S\underline{x}$%.

Точность опыта – величина, обратная его ошибке. Чем ниже относительная ошибка опыта, тем выше его точность. При значении $S\underline{x}$% более 7 % точность опыта считается неудовлетворительной.

Корреляция – взаимное соотношение показателей в опыте, их зависимость между собой. Например, зависимость массы урожая от атмосферных осадков (простая, парная корреляция) или же зависимость массы урожая от атмосферных осадков, температуры воздуха, его влажности, удобрений и т. п. (множественная корреляция). Эти зависимости выражаются коэффициентом корреляции, который обозначаются буквой r.

Регрессия – степень и характер изменения одного из показателей в опыте на единицу измерения другого. Например, увеличение или уменьшение массы урожая на 100 кг внесённых удобрений; колебание сахаристости корней сахарной свёклы в процентах при изменении урожая на 1 т. Регрессия обозначается *Rxy*. С увеличением одного из показателей второй также может увеличиваться, тогда мы встречаемся с прямолинейной корреляцией. Но бывают и такие явления, когда с постоянным увеличением доз удобрений урожайность сначала увеличивается, затем стабилизируется на одном уровне, а

потом снижается. Такая зависимость называется криволинейной. Методы размещения вариантов в опытах подразделяются на случайные (рендомизированные), т. е. выбранные по жребию; систематические – варианты размещаются в последовательности, которая указана в схеме опыта; стандартные, когда контрольный вариант размещается возле опытного.

Второй вопрос посвящен изучению метода дисперсионного анализа.

Дисперсионный анализ используется для выявления влияния на изучаемый показатель некоторых факторов, обычно не поддающихся количественному измерению, а принадлежащих к номинальной или порядковой шкалам. Указанные факторы часто называют (как и в регрессионном анализе) независимыми переменными, а исследуемый с точки зрения влияния на него выбранных факторов показатель – зависимой переменной (объясняемой переменной, результирующим признаком).

Суть дисперсионного анализа заключается в разложении вариации зависимой переменной на части, соответствующие раздельному и совместному влиянию на нее независимых переменных с тем, чтобы посредством статистических методов установить приемлемость ряда гипотез о значимости такого влияния.

При дисперсионном анализе исследуется отношение двух дисперсий.

Дисперсия – характеристика рассеивания данных вокруг среднего значения. Первая – дисперсия, объяснённая влиянием фактора, которая характеризует рассеивание значений между градациями фактора (группами) вокруг средней всех данных. Вторая – необъяснённая дисперсия, которая характеризует рассеивание данных внутри градаций (групп) вокруг средних значений самих групп. Первую дисперсию можно назвать межгрупповой, а вторую – внутригрупповой. Отношение этих дисперсий называется фактическим отношением Фишера и сравнивается с критическим значением отношения Фишера. Если фактическое отношение Фишера больше критического, то средние классов градации отличаются друг от друга и исследуемый фактор существенно влияет на изменение данных. Если меньше, то средние классов градации не отличаются друг от друга и фактор не имеет существенного влияния.

В зависимости от числа оцениваемых факторов различают однофакторный, двухфакторный и многофакторный дисперсионный анализ.

Двухфакторный дисперсионный анализ применяется для того, чтобы проверить возможную зависимость результативного признака от двух факторов – A и B. Тогда a – число градаций фактора A и b – число градаций фактора B.

В сельскохозяйственных исследованиях часто выясняют взаимосвязь между изучаемыми признаками. Для измерения силы (тесноты) и формы связи используют специальные статистические методы – корреляцию и регрессию.

Корреляция – вероятностная связь, бывает простой и множественной, линейной и криволинейной, прямой и обратной.

Линейная корреляция – зависимость, пир которой с увеличением средней величины одного признака увеличивается средняя величина другого (прямая положительная корреляция), и наоборот, с увеличением средней величины одного уменьшается средняя величина другого (обратная отрицательная корреляция).

Коэффициент корреляции (r) – степень связи между признаками, выраженный отвлеченным числом, которое при прямолинейной зависимости может принимать значения от 1 до –1:

$r = 0$ – полное отсутствие корреляции;

$r < 0,3$ связь между признаками слабая;

$r = 0,3–0,7$ – средняя;

$r > 0,7$ – сильная, или по-другому говорится, тесная.

$r = 1$ или $–1$ – связь полная.

У прямой корреляции коэффициент корреляции будет иметь знал плюс, у обратной – знак минус.

Коэффициент детерминации (d_{xy}) – степень связи между признаками, показывающий долю тех измерений (%), которые зависят от изучаемого фактора и равен r^2.

Регрессия – это изменение результативного признака (зависимой переменной) при определенных изменениях факториального признака (независимой переменной). Она бывает простой и множественной, линейной и криволинейной).

Вопросы для самоконтроля:

1. На примерах показать последовательность расчета основных статистических показателей.
2. В чем сущность дисперсионного анализа?
3. Объяснить значение коэффициента корреляции.
4. Описать принципы регрессионного анализа.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

Учебным планом по направлению подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение» по дисциплине «Методы почвенных исследований» предусматривается 46 ч самостоятельной работы студентов, которая ориентирована на поэтапное закрепление теоретических знаний и практических навыков, полученных на аудиторных занятиях и лабораторных работах.

Планирование времени при самостоятельной работе обучающегося играет большую роль при изучении дисциплины. Распределение времени самостоятельной работы обучающегося, представленное в таблице 2, носит рекомендательный характер.

Таблица 2 –Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Содержание	Кол-во акад. ч
1	Цель и задачи дисциплины. Характеристика почвы как объекта исследований	–
2	Классические и современные методы изучения минералогического и элементного состава почв	1
3	Система и методы химического анализа почв	2
4	Методы изучения физических свойств почв	2
5	Методы изучения передвижения почвенной влаги и водного режима	2
6	Методы изучения гумусового состояния почв	2
7	Методы изучения газовой фазы и воздушных свойств почв	2
8	Методы изучения миграции вещества в почвах	2
9	Методы сорбционных взаимодействий и состояния вещества в почвах	2
10	Методы математической статистики в почвоведении	-
11	Подготовка к текущим аттестациям по лабораторным работам	15
12	Подготовка к промежуточной аттестации	16
	Всего:	**46**

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 обучающемуся 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 «Методы почвенных исследований» заключается в получении студентом 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 3).

Таблица 3 – 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 необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпрети-ровать и систематизиро-вать необходи-мую информа-цию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать 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	В состоянии осуществлять научно-корректный анализ предоставленн ой информации	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные

Система оценок / Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	**41–60 %**	**61–80 %**	**81–100 %**
	«неудовлетворительно»	**«удовлетворительно»**	**«хорошо»**	**«отлично»**
	«не зачтено»	**«зачтено»**		
	него сведений		новые релевантные задаче данные	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 практического 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. Мамонтов, В. Г. Методы почвенных исследований: учебник для вузов / В. Г. Мамонтов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 260 с. – ISBN 978-5-8114-6791-4. (ЭБС «Лань»).
2. Сиухина, М. С. Методы почвенных исследований: учеб. пособие / М. С. Сиухина, С. Л. Быкова. – Новосибирск: НГАУ, 2016. – 174 с. (ЭБС «Лань»).
3. Лобков, В. Т. Методы почвенных исследований: учеб.-метод. пособие / В. Т. Лобков, Ю. А. Бобкова, Н. И. Абакумов. – Орел: ОрелГАУ, 2013. – 192 с. (ЭБС «Лань»).
4. Комаревцева, Л. Г. Методы почвенных и агрохимических исследований: учеб. пособие / Л. Г. Комаревцева, Н. М. Майдебура, Л. А. Балашова. – Ярославль: Ярославская ГСХА, 2011. – 260 с. – ISBN 978-5-98914-095-4. (ЭБС «Лань»).
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов: 5-е изд., доп. и перераб.– Москва: Агропромиздат, 1985. – 357 с.
6. Некрасова, Е. В. Основы научных исследований в агрономии: учеб. пособие / Е. В. Некрасова, Т. В. Маракаева, А. А. Калошин. Омск: Омский ГАУ, 2018. – 85 с. – ISBN 978-5-89764-754-5 (ЭБС «Лань»).
7. Иванова, Т. Е. Методика опытного дела: учеб. пособие / Т. Е. Иванова, Т. Ю. Бортник, Е. В. Лекомцева. – Ижевск : Ижевская ГСХА, 2020. – 175 с. (ЭБС «Лань»).
8. Методика опытного дела: учеб. пособие / составитель Е. Г. Пивоварова ; под редакцией Г. Г. Морковкина. – Барнаул: АГАУ, 2021. – 107 с. (ЭБС «Лань»).
9. Методика опытного дела: учеб. пособие / В. Н. Жуланова, С. О. Канзываа, В. П. Тулуш [и др.]. – Кызыл: ТувГУ, 2018. – 98 с. (ЭБС «Лань»).
10. «Чистая» и прикладная математика [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: https://function-x.ru/statistics_dispersion_analysis.html#paragraph1
11. Курбанов, С. А. Методика опытного дела: учеб.-метод. пособие / С. А. Курбанов, Д. С. Магомедова, Ш. Ш. Омариев. – Махачкала: ДагГАУ имени М. М. Джамбулатова, 2021. –74 с. (ЭБС «Лань»).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мамонтов, В. Г. Методы почвенных исследований: учебник для вузов / В. Г. Мамонтов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 260 с. – ISBN 978-5-8114-6791-4. – Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: https://e.lanbook.com/book/152448 (дата обращения: 02.10.2022). –Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Сиухина, М. С. Методы почвенных исследований: учеб. пособие / М. С. Сиухина, С. Л. Быкова. – Новосибирск : НГАУ, 2016. – 174 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: https://e.lanbook.com/book/90994 (дата обращения: 02.10.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Лобков, В. Т. Методы почвенных исследований: учеб.-метод. пособие / В. Т. Лобков, Ю. А. Бобкова, Н. И. Абакумов. – Орел : ОрелГАУ, 2013. – 192 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: https://e.lanbook.com/book/71464 (дата обращения: 02.10.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Комаревцева, Л. Г. Методы почвенных и агрохимических исследований: учеб. пособие / Л. Г. Комаревцева, Н. М. Майдебура, Л. А. Балашова. – Ярославль: Ярославская ГСХА, 2011. – 260 с. – ISBN 978-5-98914-095-4. – Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: https://e.lanbook.com/book/131332 (дата обращения: 05.10.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов: 5-е изд., доп. и перераб. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 357 с.
6. Некрасова, Е. В. Основы научных исследований в агрономии: учеб. пособие / Е. В. Некрасова, Т. В. Маракаева, А. А. Калошин. – Омск: Омский ГАУ, 2018. – 85 с. – ISBN 978-5-89764-754-5 (ЭБС «Лань»).
7. Иванова, Т. Е. Методика опытного дела: учеб. пособие / Т. Е. Иванова, Т. Ю. Бортник, Е. В. Лекомцева.–- Ижевск: Ижевская ГСХА, 2020. – 175 с. (ЭБС «Лань»).
8. Методика опытного дела: учеб. пособие / составитель Е. Г. Пивоварова; под редакцией Г. Г. Морковкина. – Барнаул: АГАУ, 2021. – 107 с. (ЭБС «Лань»).
9. Методика опытного дела: учеб. пособие / В. Н. Жуланова, С. О. Канзываа, В. П. Тулуш [и др.]. – Кызыл: ТувГУ, 2018. – 98 с. (ЭБС «Лань»).
10. «Чистая» и прикладная математика [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: https://function-x.ru/statistics_dispersion_analysis.html#paragraph1
11. Курбанов, С. А. Методика опытного дела: учеб.-метод. пособие / С. А. Курбанов, Д. С. Магомедова, Ш. Ш. Омариев. – Махачкала: ДагГАУ имени М.М. Джамбулатова, 2021. – 74 с. (ЭБС «Лань»).

Локальный электронный методический материал

Ольга Алексеевна Анциферова

Татьяна Николаевна Троян

МЕТОДЫ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Редактор С. Кондрашова
Корректор С. Звада

Уч.-изд. л. 1,9. Печ. л. 1,7

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1