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

А. И. Юсов

МЕТОДЫ АГРОХИМИЧЕСКИХ 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 631.81:631.4 (075.5)

Юсов, А. И.
Методы агрохимических исследований: учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение / А. И. Юсов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 69 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Методы агрохимических исследований» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, материалы по подготовке и выполнению практических занятий для направления подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, форма обучения очная.
Табл. 22, рис. 2, список лит. – 3 наименования

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой агрономии и агроэкологии «24» марта 2022 г., протокол № 5
Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» «15» апреля 2022 г., протокол № 4

УДК 631.81:631.4 (075.5)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2022 г.
© Юсов А. И., 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение……... 4
1. Методические рекомендации по изучению дисциплины……... 6
2. Методические рекомендации по подготовке и выполнению практических занятий…… 29
3. Учебная литература и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента…… 65
4. Методические рекомендации по подготовке к текущей аттестации……... 67
Библиографический список…… 68

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины является формирование систематизированных знаний, умений и навыков в области агрохимических методов исследования, являющихся основой для решения профессиональных задач агропочвоведения и агроэкологии. Дисциплина формирует у обучающихся готовность правильно оценивать и учитывать агрохимические условия с соблюдением требуемого качества выполняемых работ.

Агрохимические методы исследований включают в себя лабораторные, физиолого-агрохимические и полевые методы исследований.

Значение любого метода исследований состоит в том, что он позволяет выявить эффективность одного или нескольких приемов возделывания сельскохозяйственных культур в конкретных почвенно-климатических условиях. Это обусловлено тем, что она изучает многообразные вопросы, к числу которых относятся: питание растений, биохимические процессы, свойства почв, качество продукции, технология, свойства и применение удобрений и др.

Результаты, полученные в полевых, вегетационных, лизиметрических и лабораторных исследованиях, для установления точности опыта и достоверности результатов обрабатывают математически. Для этого широко используют дисперсионный, корреляционный и ковариационный анализы.

Дисциплина Б1.О.07.12 «Методы агрохимических исследований» относится к профессиональному модулю основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение.

В результате обучения обучающийся должен:

Знать: технику закладки и проведения полевых и вегетационных опытов с минеральными, органическими удобрениями и мелиорантами; особенности постановки опытов с различными сельскохозяйственными культурами; методику учета урожая и математической обработки результатов опыта, методику и технику проведения агрохимического обследования почв.

Уметь: разработать рабочую гипотезу и составить схему опыта; провести закладку полевого, вегетационного опытов (почвенные, песчаные, водные культуры) с минеральными, органическими удобрениями и мелиорантами; рассчитать дозы удобрений, приготовить питательные смеси; определить достоверность и точность опыта, содержание доступных растениям питательных элементов в почве.

Владеть: основной терминологией в области методики и техники закладки полевого и вегетационного опыта; навыками наблюдения, идентификации, классификации, изучаемых объектов; классическими и современными методами исследований.

Для успешного освоения дисциплины «Методы агрохимических исследований» студент должен активно работать на лекционных и практических занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для успешного освоения дисциплины «Методы агрохимических исследований» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень ключевых вопросов для подготовки к практическим занятиям и организации самостоятельной работы студентов.

При реализации дисциплины «Методы агрохимических исследований» организуется практическая подготовка путем проведения практических работ, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены тестовые и практические задания. Тестирование и решение практических задач, обучающихся проводится на практических занятиях после изучения соответствующих тем. Тестовое задание предусматривает выбор правильного ответа на поставленный вопрос из предлагаемых вариантов ответа. Перед проведением тестирования преподаватель знакомит студентов с вопросами теста, а после проведения тестирования проводит анализ его работы. Перечень примерных тестовых и практических заданий представлен в фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Промежуточная аттестация проводится в виде зачета, к которому допускаются студенты, освоившие темы курса и имеющие положительные оценки.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Методы агрохимических исследований», студент должен научиться работать на лекциях, практических занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Тематический план лекционных занятий (ЛЗ) представлен в таблице 1.

Таблица 1. Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Количество часов
1	Лабораторные методы исследований	4
2	Полевой опыт как метод агрохимических исследований	6
3	Вегетационный метод	2
4	Лизиметрический метод исследований	2
Итого		14

Тема 1. Лабораторные методы исследований

Ключевые вопросы темы

Химический состав растений. Элементный состав растений. Физиологические функции химических элементов в зависимости от их расположения в Периодической системе Д. И. Менделеева. Относительное содержание азота и зольных элементов в растениях и их органах. Понятие о тяжелых металлах. Классификация лабораторных методов исследований. Метрологическая оценка методов лабораторных исследований. Краткая характеристика лабораторных методов исследования питания растений.

Методические рекомендации

При изучении вопроса о **химическом составе растений** следует обратить внимание, что в состав растений входят вода и сухое вещество, представленное органическими и минеральными соединениями. Белки выполняют структурные и каталитические функции, а также служат одним из основных запасных веществ растений. Биологическую питательную ценность белков определяет их аминокислотный состав. Углеводы в растениях представлены сахарами и полисахаридами. Жиры и жироподобные вещества являются структурным и компонентами цитоплазмы растительных клеток.

Элементный состав растений определяется более 80 химическими элементами. Около 20 элементов (в том числе углерод, кислород, водород, азот,

фосфор, калий, кальций, магний, сера, железо, бор, медь, марганец, цинк, молибден, ванадий, кобальт и йод) считают *безусловно необходимыми* для растений. В отношении еще более 20 элементов (кремния, алюминия, фтора, хлора, лития, серебра и др.) имеются сведения об их положительном действии на рост и развитие растений; эти элементы считают *условно необходимыми*. Углерод, кислород, водород и азот получили название *органогенных*; на их долю в среднем приходится около 95 % сухого вещества растений.

При сжигании растительного материала органогенные элементы улетучиваются в виде газообразных соединений и паров воды, а в золе остаются преимущественно в виде оксидов многочисленные *зольные элементы*, на долю которых приходится в среднем около 5 % массы сухого вещества.

Азот и такие зольные элементы, как фосфор, калий, кальций, магний, сера и железо, содержатся в растениях в относительно больших количествах (от нескольких процентов до сотых долей процента сухого вещества) и относятся к *макроэлементам*.

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности кроме макроэлементов растениям в небольших количествах необходимы бор, марганец, медь, цинк, молибден, кобальт, йод и ванадий. Концентрация каждого из этих элементов в растениях составляет от тысячных до стотысячных долей процента; их называют *микроэлементами*.

Физиологические функции химических элементов в зависимости от их расположения в Периодической системе Д. И. Менделеева тесно связаны с химическим составом земной коры. К структурным элементам относятся ***s***- и ***p***-элементы. При этом водород и кислород обеспечивают в растениях передачу энергии, лабильность и функциональность всей системы жизнедеятельности, а углерод, азот, сера и фосфор — запасание энергии, образование цепных соединений и мостов между молекулами. ***S***–элементы, дающие катионы с постоянной валентностью (натрий, калий, магний, кальций), выступают регуляторами в процессах обводнения, гидратации и передвижения веществ, как и ***p***-элементы, дающие анионы с постоянной валентностью (фтор, хлор, бром, йод). ***D***-элементы – это все необходимые для растений микроэлементы с переменной валентностью (ванадий, хром, марганец, железо, кобальт, никель, медь, цинк, молибден). Они являются биокатализаторами – регуляторами окислительно-восстановительных процессов, входят в состав ферментов, витаминов и биологически активных веществ. ***F***-элементы Периодической системы (редкоземельные элементы – лантаноиды и актиниды) и радиоизотопы других элементов относятся к биогенераторам.

Относительное содержание азота и зольных элементов в растениях и их органах может колебаться в широких пределах и определяется биологическими особенностями культуры, возрастом растений и условиями питания. Основное количество азота (до 90 % общего его содержания) в репродуктивных органах растений находится в составе белка. Поэтому содержание азота тесно коррелирует с содержанием белка в зерне и семенах, составляя 1/6 его часть. В вегетативных органах при созревании растений азота значительно меньше. В молодых интенсивно растущих вегетативных органах и

тканях концентрация азота значительно выше, чем в старых. Состав и концентрация зольных элементов у растений также существенно различаются.

Содержание **отдельных групп органических соединений в растениеводческой продукции** могут значительно изменяться в зависимости от видовых и сортовых особенностей растений, условий выращивания. Важное значение для улучшения качества продукции имеют условия питания растений.

Большинство необходимых растительным и животным организмам микроэлементов относится к **тяжёлым металлам**. Этим термином обозначают класс загрязнителей природной среды (преимущественно техногенного характера) из числа химических элементов, имеющих атомную массу свыше 50.

Среди тяжелых металлов основными загрязнителями являются ртуть, свинец, кадмий, цинк, медь, хром и никель.

Лабораторные методы исследования разделяют: по объектам анализа: неорганический и органический; по цели: количественный и качественный; по способу выполнения: физические, химические и физико-химические (инструментальные).

Метрологическая оценка методов лабораторных исследований основывается на критериях для оценки и выборе методов лабораторных исследований, которыми служат их метрологические характеристики (интервал определяемых содержаний, верхняя и нижняя границы определяемого содержания веществ, предел обнаружения (чувствительность), воспроизводимость, правильность), а также аналитические характеристики (селективность, продолжительность, производительность).

Характеристика лабораторных методов исследования питания растений включает в себя почвенные и растительные методы. Химический анализ почвы – очень важный фактор для рационального использования удобрений. Качество результатов анализа зависит от двух составляющих: погрешности и точности. Погрешность – отклонение предполагаемого результата от истинного значения. Точность – воспроизводимость определенного тестового значения. Растительная диагностика включает визуальную, химическую и функциональную.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте краткую характеристику методам, применяемым в агрохимических исследованиях.
2. Дайте характеристику химическому и элементному составу растений.
3. Каковы физиологические функции химических элементов в зависимости от их расположения в периодической системе?
4. Чем определяется и как изменяется содержание азота и зольных элементов в растениях и их органах?
5. В чем заключается влияние отдельных групп органических соединений и тяжелых металлов на качество продукции растениеводства?
6. Дайте характеристику физическим методам лабораторных исследований.
7. Дайте характеристику химическим методам лабораторных исследований.

8. Дайте характеристику физико-химическим методам лабораторных исследований.

9. Какие метрологические характеристики используются для оценки качества лабораторных исследований.

10. Почвенные методы и растительная диагностика питания растений.

Тема 2. Полевой опыт как метод агрохимических исследований

Ключевые вопросы темы

Роль полевого опыта и предъявляемые к нему требования. Виды полевых опытов. Выбор и подготовка участка под опыт. Схемы полевых опытов с удобрениями. Опыты по изучению эффективности органических удобрений. Закладка и проведение полевого опыта. Уход за растениями и сопутствующие наблюдения в течение вегетационного периода. Фенологические наблюдения. Наблюдения за растениями, поврежденными в результате неблагоприятных погодных условий. Учет перезимовки озимых и многолетних трав. Исследование почв на участке после закладки опыта. Методика отбора растительных образцов в период вегетации. Учет урожайности в полевых опытах. Методы учета урожайности. Структура урожайности. Отчет по полевому опыту.

Методические рекомендации

При изучении данной темы студент должен усвоить, что **полевой агрохимический опыт** — это метод изучения жизни растений на специально выделенном участке, на определенной почвенной разности, выровненном по плодородию в целях установления эффективности удобрений и химических мелиорантов. При планировании полевого опыта необходимо соблюсти определенные требования.

Схема полевого опыта – перечень вариантов, входящих в него и сравниваемых между собой. В опытах с удобрениями вариантом сравнения является вариант без удобрений (абсолютный контроль). **Вариант опыта** – один или несколько приемов, поставленных на изучение, осуществляемых на одной или нескольких делянках. Один из вариантов схемы опыта, в котором нет изучаемых приемов, называют абсолютным контролем или контрольным (стандартным). **Опытная делянка** – элементарная часть опытного участка определенного размера и формы, на которой осуществляют агротехнический прием, поставленный на изучение согласно принятой схеме. В соответствии с требованиями методики полевого опыта на всех делянках одинаково проводят все агротехнические приемы, кроме изучаемого. **Повторность опыта в пространстве** – число одноименных делянок каждого варианта. Площадь опытного участка с полным набором вариантов, размещенных на делянках, называют повторением. **Схематический план** – размещение всех вариантов опыта на чертеже с указанием площади делянок, формы их, защитных полос и повторений. В основе полевого опыта **принцип единственного различия**, т. е. необходимость изменения какого-либо одного фактора при обязательном тождестве остальных. Основное требование к полевому опыту — соблюдение типичности. **Типичность** подразделяется на природную и организационно-

хозяйственную. Первая предусматривает соответствие опыта природным условиям, вторая – организационно-хозяйственным. Требование к *природной типичности* опыта заключается в том, что результаты полевого опыта, полученные на определенной почвенной разности какого-либо региона, должны быть использованы на практике только в этом регионе. Требование к *организационно-хозяйственной типичности* опыта предусматривает использование полученных результатов только в хозяйствах, схожих по плодородию почв и экономическим показателям.

Качество полевого опыта – одно из основных требований, которое определяется *точностью количественных результатов.* Оценку точности полученных результатов опыта проводят математически с использованием вариационной статистики. **Точность полевого опыта** характеризуется величиной случайной ошибки средней опыта, выраженной в процентах от среднего урожая всего опыта. Так же опыт характеризуется **достоверностью**. Достоверность и точность опыта – понятия не идентичные. Опыт считается достоверным «по существу», если он проведен в соответствии с принятыми схемой и программой. Это означает, что выбор земельного участка, размер, форма и направление делянок на схематическом плане и в полевых условиях, техника внесения удобрений, обработка почвы и все сопутствующие исследования проведены без нарушения требований к методике постановки опыта. Под **достоверностью**, или существенностью, понимают математическую доказанность разницы в урожае сравниваемых между собой вариантов, обозначают ее $НСР_{0,95}$ (наименьшая существенная разница) при 95%-ном уровне вероятности.

При изучении **видов полевых опытов** следует учитывать, что задачей агрохимического полевого опыта является разработка эффективных приемов использования удобрений и средств химической мелиорации для получения высоких и устойчивых урожаев хорошего качества.

По месту проведения и цели полевые опыты подразделяют на стационарные и производственные. **Стационарные опыты** закладывают на постоянных участках землепользования научно-исследовательских учреждений. Цель таких опытов – выявление действия удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных растений, определение трансформации питательных веществ почвы и удобрений, значение других факторов, приемов возделывания культур, отзывчивость сортов на удобрения и др. В отношении методики закладки и проведения стационарных опытов к ним предъявляют строгие требования: предварительное всестороннее изучение плодородия почвы, выбор площади, направления, формы делянок и числа повторений, севооборотов, принятых в регионе, и др. В стационарных опытах большое внимание уделяют построению схематического плана и распределению вариантов и повторностей. Границы полей стационарных опытов фиксируют реперами. Оптимальная общая площадь делянки в таких опытах 100–250 м^2, учетная – 80–150 м^2.

Производственные опыты закладывают в условиях хозяйств как научно-исследовательские учреждения, так и специалисты хозяйств по своей

инициативе. Основная цель их – получение ответа на интересующий вопрос со стороны производства. Хозяйственные опыты могут быть заложены на делянках с любой площадью – 60–200 м^2. К производственным опытам предъявляют менее строгие требования. В зависимости от цели исследований стационарные опыты подразделяют на основные и предварительные. **Основные опыты** проводят научные учреждения по детально разработанным программам на длительное время. **Предварительные опыты** носят вспомогательный характер. В них ограничиваются лишь данными урожайности. Основные и предварительные опыты подразделяются на однофакторные и многофакторные, однолетние и многолетние, единичные и массовые.

К **однофакторным** относят опыты, в которых изучают действие одного приема на неизменном, постоянном агротехническом фоне при строгом соблюдении принципа единственного различия. К **многофакторным** (синтетическим, комплексным) опытам относятся такие, в которых изучают действие двух и более факторов на урожайность культуры, например изучение доз удобрений и полива на урожайность пшеницы. Например, схема такого опыта включает: 1) 0 (без удобрений и полива); 2)$N_{30}P_{30}K_{30}$; 3) $N_{60}P_{60}K_{60}$; 4) $N_{90}P_{90}K_{90}$; 5) 0 (без удобрений) + полив; 6)$N_{30}P_{30}K_{30}$ + полив; 7)$N_{60}P_{60}K_{60}$ + полив; 8)$N_{90}P_{90}K_{90}$ + полив.

В зависимости от длительности проведения опыты делят на однолетние и многолетние.

К ***однолетним*** относят опыты, в которых действие одного приема изучают в течение одного вегетационного периода, к ***многолетним*** – в которых эффективность однажды внесенных удобрений учитывают в течение нескольких лет: в первый год — прямое действие, на второй и последующий — последействие.

По охвату территорий и значимости полевые опыты с удобрениями подразделяют на единичные и массовые. **Единичные опыты** проводят в отдельных пунктах независимо друг от друга по отдельным схемам и программам. К таким относится большинство стационарных как длительных, так и краткосрочных опытов. **Массовые опыты** проводят одновременно в нескольких точках, и они объединены общей схемой. Массовые опыты подразделяет, в свою очередь, на географические и коллективные. В **географических опытах** действие удобрений изучают в различных почвенно-климатических условиях. Основная цель их — выявление влияния природных условий на эффективность видов, форм, доз, сроков и способов внесения удобрений. **Коллективные опыты**, как и географические, проводят в разных почвенных условиях для изучения влияния хозяйственной деятельности человека и различных культурхозяйственных условий на тот или иной прием.

В особую группу входят **мелкоделяночные опыты**. Размер делянок в таких опытах колеблется от 1 до 20 м^2. Схемы опытов могут быть сложными и включать большое число вариантов. Агротехнические работы в них проводят без использования объемной техники. Такие опыты ставят, когда программой предусматривается глубокое изучение химических, физико-химических

процессов в почве, используют дорогостоящие удобрения, например азотные с изотопной меткой 15.

Мелко-деляночные опыты ставят также при постановке **факториальных опытов** по изучению доз и соотношений минеральных удобрений, число вариантов в которых может достигать 100 и более. В таких опытах стремятся иметь размер делянок минимальный, но позволяющий провести все агротехнические работы механизировано.

При изучении вопроса о **выборе и подготовке участка под опыт** следует знать, что участок, отводимый под полевой опыт, должен соответствовать типичности по почвенно-климатическим условиям и однородности по плодородию, а также размещению делянок такой площади и формы, которые могли бы позволить проводить все агротехнические мероприятия с помощью механизации.

Первоначальным этапом работы является **проведение почвенного обследования**. Его цель — определение почвенной разновидности участка, его границ естественного и искусственного плодородия почвы, на которой планируют заложить опыт. Почвенное обследование проводят с высокой точностью в масштабе 1:1000. На площади 1 га закладывают разрез, по нему дают морфологическое описание генетических горизонтов и отбирают образцы как по горизонтам, так и послойно через 10 см по всему профилю.

При выборе участка под опыт обращают внимание на его выравненность **рельефа**, чтобы на нем все варианты опыта находились в одинаковых условиях освещенности, плодородия почвы, обеспеченности влагой. Таким требованиям соответствует ровное плато. В отдельных случаях, когда выбрать ровное плато не удается, допускается равномерный склон в одном направлении с уклоном 2,5 на 100 м. В таком случае делянки должны располагаться параллельно склону. Для определения рельефа земельного участка проводят его нивелировку с горизонталями через 0,1–0,2 м. Данные нивелировки наносят на почвенную карту. Нивелировочный план служит пособием для правильного размещения вариантов и повторений на опытном поле.

Кроме макро- и микрорельефа, естественной пестроты почвенного плодородия на поле возможна пестрота, обусловленная деятельностью человека. Она появляется в результате таких агротехнических приемов, как известкование, фосфоритование, применение органических и минеральных удобрений, различной обработки почвы, посевов и посадки, неоднородных по качеству сортов, различных норм полива и др. Обо всех этих мероприятиях можно узнать из **Книги истории полей**. Под опыты выбирают такие участки, на которых за последние 3–4 года проводили одинаковые агротехнические приемы.

Перед закладкой длительных стационарных опытов проводят уравнительные и рекогносцировочные посевы. **Уравнительным** называют сплошной посев какой-либо культуры на участке, отведенном под опыт, в течение одного или нескольких лет до закладки полевого опыта. **Рекогносцировочный** (дробный, разведочный) посев – это также сплошной посев какой-либо культуры на участке, предназначенном для полевого опыта,

урожайность которой учитывают дробно, малыми площадками. Полученная сетка урожайности дает представление о пестроте плодородия данного участка, служит в дальнейшем для выделения полей под опыт, установления размера, формы, величины делянок и их повторности.

Немаловажное значение имеет **форма делянки**. При удлиненной форме увеличивается точность опыта. К тому же длинные делянки удобнее, если на них планируется разная обработка почвы или внесение различных форм и доз удобрений комбинированными сеялками. В опытах с различными сортами культур и при изучении действия рядкового и локального внесения удобрений ширину делянки выбирают кратной ширине рабочего захвата сеялок. При общей площади делянок 100–150 м оптимальным соотношением является 1:5. При небольшой площади делянок (менее 50 $м^2$) им следует придавать форму, близкую к квадрату, но при этом повторность должна быть увеличена до 6–8-кратной.

Постановка **полевого опыта с удобрениями** требует разработки методически правильной схемы, при этом, прежде всего, должен быть соблюден принцип единственного различия. Варианты схемы должны отражать те вопросы, на которые необходимо получить ответ с помощью опыта. Схема опыта должна обязательно включать вариант сравнения (контрольный). В *однофакторных опытах* с различными видами минеральных удобрений контрольным вариантом служит вариант без удобрений (абсолютный контроль). В опытах по изучению доз, форм, сроков и способов внесения удобрений контрольными являются варианты без удобрений (абсолютный контроль) и фоновый, т. е. вариант, на фоне которого изучают удобрения. Кроме того, в опытах по изучению сроков и способов внесения удобрений вариантом сравнения может быть вариант с обычным стандартным способом внесения, т. е. такой, который изучен и широко применяется в производственной деятельности.

В *многофакторных опытах,* где удобрения изучают на фоне нескольких агротехнических приемов (полив, без полива, известкование, совместное применение различных органических удобрений и т. д.), контрольных вариантов может быть несколько. В зависимости от количества изучаемых факторов опыты могут быть одно-, двух-, трехфакторными и т. д.

Основная цель **опытов с разными видами минеральных удобрений** – выявить отзывчивость растений на то или иное удобрение в отдельности и их сочетания. Зная потребность растений в конкретных видах удобрений, хозяйства могут рационально использовать их, избежать приобретения неэффективных удобрений. Полный, исчерпывающий ответ об эффективности различных видов удобрений может дать только полевой опыт с правильно спланированной схемой. Для постановки таких опытов широко используют восьмерную схему Ж. Вилля, которая включает изучение отдельных видов удобрений и их комбинаций: 1) **0**; 2) **N**; 3) **P**; 4) **К**; 5) **NP**; 6) **NК**; 7) **РК**; 8) **NРК**. При определенных условиях: небольшой площади опытного участка, отсутствии удобрений, посевного, посадочного материала и др. схема Ж. Вилля может быть заменена пятерной схемой П. Вагнера: 1) **0**; 2) **NP**; 3) **NК**; 4) **РК**;

5) **NPK**. Контрольным, как и в восьмерной схеме, является вариант без удобрений.

Эффективность минеральных удобрений на изучаемых культурах зависит от принятой **формы удобрений**. Это связано с неодинаковой отзывчивостью растений на химический состав удобрений. Формы азотных удобрений по-разному влияют на урожай и его качество. Во-первых, количество катиона (NH_4) и аниона (NO_3), поступающих в растение, зависит от реакции почвенного раствора и биологических особенностей культуры. Во-вторых, сульфат аммония, аммонийная селитра относятся к физиологически кислым удобрениям, а кальциевая и натриевая селитры — к физиологически щелочным. Формы фосфорных удобрений по эффективности также неодинаковы. На нейтральных почвах действие фосфоритной муки может проявиться незначительно или его не будет совсем, в то время как от суперфосфата на всех типах почв с разной кислотностью получают значительные прибавки. Опыты по изучению форм удобрений должны проводиться в случае, когда установлено положительное действие того или иного вида удобрения. Поэтому дозы удобрений, применяемые при постановке опытов с формами удобрений, должны быть такими же, как при изучении видов удобрений, или близки к ним.

Опыты с дозами удобрений позволяют определить тот оптимальный вариант, при котором получают максимальную урожайность с хорошими показателями качества и высокой экономической эффективностью. Стандартное (испытываемое) удобрение должно быть взято в нескольких дозах по питательному веществу. Как и в опытах с формами удобрений, в схему необходимо вводить оптимальный фон. Другая причина включения фонового варианта состоит в том, что варианты с дозами ставятся в положение минимального фактора. Простейшей схемой при изучении соотношений трех доз азота, трех — фосфора и трех — калия может служить следующая: 1) **0** (без удобрений); 2) $N_{60}P_{60}$ (соотношение **N:P:K** 1:1:0); 3) $N_{60}K_{60}$ (1:0:1); 4) $P_{60}K_{60}$ (0:1:1); 5) $N_{60}P_{60}K_{60}$ (1:1:1); 6) $N_{60}P_{90}K_{60}$ (1:1,5:1) и т. д.

Полевой опыт, в котором каждая доза удобрения сочетается со всеми дозами остальных, т. е. когда осуществлены все сочетания испытываемых доз, называется **полным факториальным опытом** *(экспериментом).* В этом случае число вариантов по мере увеличения доз прогрессивно возрастает и с некоторого момента проведение таких опытов становится невозможным. Считается, что для построения надежных кривых число доз при их сочетании должно быть не более пяти.

При рассмотрении вопроса об **опытах по изучению эффективности органических удобрений** следует помнить, что в отличие от минеральных удобрений продолжительность действия органических удобрений намного больше. Поэтому при постановке опытов по изучению видов, доз, сроков и способов внесения приходится не ограничиваться учетом урожайности одной первой культуры, а учитывать последействие их в течение трех-пяти лет на последующих культурах. В схемах однофакторных опытов с видами органических удобрений вариантом сравнения является абсолютный контроль,

а также вариант с навозом как наиболее распространенным органическим удобрением. Дозы органических удобрений (т/га) должны быть одинаковыми для всех вариантов схемы. Удобрения вносят в чистом или занятом пару. При постановке таких опытов выявляют эффективность питательных веществ (азота, фосфора, калия, кальция, магния, микроэлементов), действующих в комплексе.

При закладке и проведении **многофакторных опытов** с удобрениями необходимо соблюдать общие требования, которые предъявляют к проведению полевых опытов. В длительных многофакторных опытах изучают факторы, представляющие собой не отдельные приемы, а систему их, в которой они поразному чередуются во времени. В тех случаях, когда фактор представляет систему удобрения, систему обработки почвы и т. д., каждый отдельный прием влечет за собой изменение технологических приемов. Многофакторная схема при изучении действия доз минеральных удобрений на фоне извести и полива может выглядеть следующим образом: 1) 0 (без удобрений, извести и полива) — фон; 2) $\mathbf{N_{30}P_{30}K_{30}}$ под зяблевую вспашку; 3) $\mathbf{N_{60}P_{60}K_{60}}$ под зяблевую вспашку; 4) 0 + известь (фон 2); 5) фон 2 + $\mathbf{N_{30}P_{30}K_{30}}$ под зяблевую вспашку; 6) фон 2 + $\mathbf{N_{60}P_{60}K_{60}}$ под зяблевую вспашку; 7) 0 + полив (фон 3); 8) фон 3 + $\mathbf{N_{30}P_{30}K_{30}}$ под зяблевую вспашку; 9) фон 3 + $\mathbf{N_{60}P_{60}K_{60}}$ под зяблевую вспашку; 10) 0+ известь + полив (фон 4); 11) фон 4 + $\mathbf{N_{30}P_{30}K_{30}}$ под зяблевую вспашку; 12) фон 4 + $\mathbf{N_{60}P_{60}K_{60}}$ под зяблевую вспашку.

Закладка и проведение полевого опыта проводится в соответствии с **программой исследований**, которая включает перечень агротехнических мероприятий и всех сопутствующих исследований в опыте с указанием сроков проведения, методик анализов почв, растений и их объема. Из агротехнических мероприятий в программу должны быть включены: подготовка участка под опыт (уравнительные и рекогносцировочные посевы), обработка почвы с указанием сроков и орудий, разбивка опытного участка согласно схематическому плану, внесение удобрений на делянки, заделка их в соответствии с принятой в схеме обработкой почвы, прикатывание почвы (если в этом есть необходимость), посев или посадка опытной культуры, борьба с сорняками, болезнями и вредителями. Для каждого опыта программа исследований должна быть самостоятельной.

К сопутствующим исследованиям относятся метеорологические наблюдения, учет засоренности, учет поражения растений болезнями и вредителями, фенологические наблюдения, отбор почвенных и растительных проб для определения содержания питательных элементов, а также физико-химические свойства почвы, учет зимостойкости озимых и многолетних трав.

После составления схемы опыта, разработки программы, выбора и подготовки участка приступают к построению **схематического плана**. Схематический план показывает, в каком направлении, сколько и как будут распределены варианты и повторения опыта на выбранной под опыт площади. Границы схематического плана должны вписываться в границы той территории, которая детально изучена и имеет выровненное плодородие почвы. Расположение вариантов и повторений должно быть таким, чтобы они могли

полно охватить имеющуюся пестроту почвенного плодородия опытного участка, а этим создать условия сравнимости данных урожайности вариантов и повторностей, снизить ошибки и повысить точность опыта.

При составлении схематического плана опытного участка или поля и переносе его в натуру необходимо учитывать особенности агротехники сельскохозяйственных культур и, прежде всего, возможность использования механизмов при обработке делянок, посеве и посадке культур, уходе за растениями, уборке и учете урожайности. Площади делянок, их расположение должны способствовать проведению всех изучаемых приемов в сжатые сроки, с наименьшей затратой труда и высоким качеством.

В многолетних опытах часто фиксируют не только их границы, но и границы отдельных делянок, что значительно облегчает повторную разбивку участка. Для этого вдоль основной стороны опыта устанавливают угловые прочные колышки с выносом их на необрабатываемую полосу (дорогу) между полями. Колышки забивают почти до уровня поверхности почвы и сверху прибивают гвоздями металлическую бляшку с номером делянки.

Уход за растениями и сопутствующие наблюдения в течение вегетационного периода на опытных делянках проводят так же, как и в общих посевах хозяйства, в соответствии с необходимостью. Основой является борьба с сорной растительностью, вредителями и болезнями.

Фенологические наблюдения необходимы во всех агрономических опытах, включая и агрохимические. Цель их заключается в установлении различий в росте и развитии растений в период вегетации по отдельным вариантам, времени наступления фаз развития растений.

За начало фазы принимают первый день, в который она зарегистрирована не менее чем у 10 % растений, а за массовое наступление – день, в который фаза отмечена не менее чем у 75 % растений. Наблюдения за наступлением фаз записывают в полевой журнал, а обобщенные данные в дальнейшем используют при написании отчетов. Отмечают также возобновление вегетации весной после первого стравливания у злаковых трав.

В опытах с удобрениями наступление фаз на делянках сравнивают с контрольным или фоновым вариантом. Сравнивая более раннее или более позднее наступление фаз у растений вариантов с удобрениями, одновременно учитывают общее состояние растений (окраска, рост, полегание, изреженность и т. д.).

Наблюдения за растениями, поврежденными в результате неблагоприятных погодных условий, определяют с помощью площадок и глазомерно, результаты наблюдений выражают в процентах к площади делянки или количеству растений до их гибели.

Учет перезимовки озимых и многолетних трав определяют аналогично.

Исследование почв на участке после закладки опыта проводят после разбивки опытного участка на делянки в опытах с удобрениями как длительных (стационарных), так и краткосрочных. Отбирают смешанные почвенные образцы для агрохимической характеристики почвы, а также для сравнения

исходных агрохимических данных до закладки с результатами исследований в период проведения опыта и в конце его. Позитивные и негативные изменения почвенного плодородия, влияющие на рост, развитие и урожайность культур, можно установить при сопоставлении агрохимических показателей почвы различных вариантов опыта.

Уборка и учет урожайности – самая ответственная операция при проведении полевых опытов с удобрениями. Учитываемая урожайность с делянок одного варианта должна быть одинаковой, ничем и никем не нарушенной, она должна отличаться от других вариантов лишь изучаемым приемом. Учет урожайности культур в опыте может быть проведен двумя методами: прямым и косвенным.

Прямой метод учета. Предусматривает уборку и взвешивание урожая со всей учетной площади делянки. Он наиболее точен, прост в работе и пересчете урожайности с учетной площади делянки на гектарную площадь.

Косвенный метод учета. Косвенный метод учета урожайности по пробному снопу заключается в том, что учитывают не всю массу урожая с учетной площади делянки, а лишь среднюю пробу из него — пробный сноп. Такой метод учета широко применяют при учете урожайности сена многолетних и однолетних трав, когда нет возможности высушить всю массу травы, например в затянувшиеся дождливые дни.

По результатам научно-исследовательской работы ежегодно оформляют **отчет по полевому опыту**. К отчету по полевому опыту предъявляют следующие основные требования: наличие ведущей идеи (гипотезы), фактическая достоверность полученных данных, логическая последовательность, ясность, краткость и убедительность изложения. Порядок оформления отчета сводится к изложению следующих основных разделов.

Введение (без нумерации). В нем кратко излагают значение решаемой проблемы, дают обоснование необходимости проведения полевых опытов, отмечают актуальность и новизну темы.

В основной части отчета приводят схему опыта, схематический план, методику закладки и проведения опытов, методики сопутствующих исследований, описание почв и погодных условий; последние дают в сравнении с многолетними данными.

Результаты исследований излагают в виде текста с таблицами, рисунками, графиками, фотографиями. Основная часть отчета может быть поделена на разделы, пункты и подпункты. Каждый пункт должен содержать законченную информацию по рассматриваемому в нем вопросу.

Заключение должно содержать краткие выводы по результатам исследований; основное внимание при этом уделяют эффективности изучаемых приемов в сравнении с абсолютным контролем или фоновым вариантом. В заключении делаются выводы и по результатам сопутствующих наблюдений, также предложения производству.

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните понятие «полевой агрохимический опыт».
2. Каковы основные требования, предъявляемые к полевому опыту?

3. Дайте характеристику видам полевых опытов.

4. Как производится выбор и подготовка участка для проведения полевого опыта?

5. Каковы правила проведения рекогносцировочного посева?

6. Объясните понятие «абсолютный контроль» в полевых опытах.

7. Дайте характеристику схем Ж. Вилля и П. Вагнера при постановке опытов по изучению эффективности удобрений.

8. В чем заключается сущность полного факториального опыта?

9. Каковы принципы построения схем опытов по изучению эффективности органических удобрений?

10. В чем заключается сущность изучения действия минеральных удобрений в многофакторных схемах?

11. Что включает в себя программа исследований полевого опыта?

12. Дайте характеристику способов расположения опыта и контролей в нем.

13. Как производится закдадка полевого опыта и внесение удобрений?

14. Какова цель фенологических наблюдений в полевом опыте, какие фазы роста и развития растений выделяют у сельскохозяйственных растений?

15. Как оценивается пригодность зерновых культур к механизированной уборке?

16. Как производится учет перезимовки озимых и многолетних трав?

17. В чем заключается исследование почв после закладки опыта?

18. С какой целью производится исследование растительных образцов на опытных делянках?

19. Как производится отбор растительных образцов в период вегетации различных культур?

20. В чем заключается сущность прямого метода учета урожая?

21. Сущность косвенного метода учета урожая и его модификации.

22. Как определяется структура урожайности?

23. Как производится оформление отчета о полевом опыте?

Тема 3. Вегетационный метод

Ключевые вопросы темы

Почвенные культуры. Песчаные и водные культуры. Метод изолированного питания. Метод текущих растворов. Метод стерильных культур.

Методические указания

Вегетационный метод исследования был разработан как агрохимический с целью изучения питания растений, оценки усвояемости питательных элементов почвы и удобрений. Выращивание растений в сосудах и наблюдение за ними впервые описал Ван Гельмонт около 1629 г. К создателям вегетационного опыта относят Сакса, Кнопа, Гельригеля и Вагнера. В России инициатором и пропагандистом вегетационного метода считают К. А. Тимирязева.

Сущность вегетационного метода состоит в том, что это один из методов агрономического исследования, позволяющий более детально выявлять значение отдельных факторов, влияющих на рост, развитие и в конечном итоге на урожайность сельскохозяйственных культур. В агрохимии вегетационный метод применяют при изучении отзывчивости растений на различные виды, формы удобрений, соотношения питательных элементов, влияния химических мелиорантов на физико-химические процессы, происходящие в почве, определении количества питательных элементов в почве и др. В зависимости от задач вегетационного опыта применяются различные вегетационные сосуды.

Основными объектами для исследований в **почвенных культурах** являются почва и растение. Основным требованием при построении схем вегетационных опытов является соблюдение принципа единственного различия. В вегетационных опытах с почвенной культурой дозы минеральных удобрений рассчитывают, исходя из массы абсолютно сухой почвы, вмещающейся в него. Почва для вегетационного опыта может быть взята с контрольных делянок полевого опыта или его запольных участков, при этом необходимо знать тип, подтип, гранулометрический состав и агрохимические показатели почвы. Вегетационные опыты также ставят с целью изучения плодородия почвы, созданного в результате длительного применения удобрений в полевых опытах. В таком случае почву с различной окультуренности или разным содержанием питательных элементов можно отбирать непосредственно с делянок.

Почва перед набивкой в сосуды должна быть тщательно перемешана и просеяна через сито с отверстиями 3–5 мм. Просеянную почву еще раз перемешивают, отбирают среднюю пробу в трехкратном повторении — в заранее просушенные и взвешенные бюксы на влажность, в цилиндры для определения полной влагоемкости, а также в коробку или пакет для агрохимического анализа. Влажность и влагоемкость должны быть определены не ранее чем за 1 сут до закладки опыта.

Для постановки вегетационных опытов с почвенной культурой можно использовать сосуды Митчерлиха и Вагнера. Перед набивкой сосуды тщательно моют водопроводной водой, а при постановке опытов с микроэлементами – дистиллированной. Для каждого опыта сосуды подбирают одинаковой массы, высоты и диаметра. Разные по массе сосуды подгоняют к одной массе (тарируют) с помощью чистого битого стекла, гравия или песка.

При **набивке сосудов** почву взвешивают на чашечных или площадочных весах, навески переносят в таз, вносят удобрения и тщательно перемешивают руками. Азотные и калийные удобрения можно вносить в виде порошков, гранул и в растворенном состоянии. Если удобрения вносят в растворе, то в лаборатории взвешивают одну общую навеску, по массе равную сумме однозначных вариантов, и растворяют в небольшом объеме воды. При оптимальной влажности тяжелосуглинистых и глинистых почв на один сосуд бывает достаточно 30–50 мл раствора удобрения, для песчаных и супесчаных – 15–20 мл.

Количество почвы, вносимой в сосуд, устанавливают пробной набивкой. Почву помещают в сосуд в три-четыре приема горстями, каждый раз уплотняя. Уплотненная в сосуде почва не должна высыпаться при опрокидывании сосуда. Недостаточно уплотненная почва оседает в летнее время, при поливе размывается, а в жаркие дни растрескивается. При правильно выбранной навеске почвы и после набивки поверхность ее в сосуде должна находиться на 2–3 см ниже края сосуда. Если пробная набивка показала, что взятая масса почвы не помещается или оказалась недостаточной, проводят перенабивку, уменьшая или увеличивая плотность почвы в сосуде.

Посев и посадка растений и уход за ними: зерновые и бобовые культуры высевают проращенными семенами на глубину 1,5–2,0 см, мелкосемянные (многолетние бобовые, злаковые и др.) – на глубину 0,5 см. На сосуд 20 х 20 см высевают 20–25 семян зерновых злаков и льна, 15–20 семян бобовых, 5–7 – кукурузы, 3–5 – столовых корнеплодов

Проращивание семян проводят в противнях, плоских блюдах или другой посуде, в которую тонким слоем настилают чистый кварцевый песок, увлажняют дистиллированной водой и покрывают фильтровальной бумагой. Оптимальная температура для проращивания должна быть 28–30 $^{\circ}$C.

Посеянные проращенные семена в лунки заделывают легким надавливанием на них ладонью и равномерным прикатыванием поверхности почвы, после чего почву засыпают чистым кварцевым песком, при этом на сосуд диаметром 15–20 см его расходуют 200 г. Песок необходим для предохранения почвы от потери влаги и от размывания поверхности почвы при поливе. После посева сосуды закрывают листами бумаги, а если они остаются под открытым небом, дополнительно полиэтиленовой пленкой, чтобы избежать промачивания дождями. Листы бумаги и пленку снимают после появления первых всходов. Количество высеваемых семян должно быть больше необходимого числа растений к уборке на случай гибели всходов или молодых растений. В сосудах 20 х 20см в фазе двух листьев зерновых культур оставляют 15–20 растений, зернобобовых – 10–15, кукурузы – 2–3, корнеплодов – 1 растение на сосуд. Все удаляемые растения оставляют на поверхности почвы в сосуде.

Для получения достоверных результатов урожайности в вегетационном опыте достаточно иметь 3–4-кратную повторность вариантов. Если программой предусмотрено проведение анализов растений и почвы в период вегетации, то повторность может быть увеличена до 8–10-кратной, при этом в назначенные сроки проводят удаление одного сосуда, т. е. исключение одной повторности.

Для предохранения растений от полегания и поломки в сосуды вставляют проволочные каркасы или тонкие рейки. Высота каркаса из реек для зерновых, зернобобовых, многолетних трав 40–50 см, по четыре штуки на сосуд. Между ними натягивают нитки, которые создают опору полегающим растениям.

При появлении болезней и вредителей обработку растений пестицидами проводят одновременно во всех сосудах, включая и те, в которых повреждения не обнаружены.

В опытах с минеральными удобрениями **полив сосудов** проводят до одинаковой влажности почвы, за исключением случаев, когда изучают действие удобрений при разной влажности. Точно установить количество воды для полива можно, если известны влажность почвы в момент набивки и полная влагоемкость ее. Влажность почвы в размере 60 % полной влагоемкости для большинства почв и растений близка к оптимальной. В прохладные летние дни полив сосудов проводят один раз в день рано утром. В жаркие дни сосуды поливают дважды: утром и вечером. Поливная масса складывается из массы сосуда, массы почвы с влажностью в день набивки, массы песка, массы каркаса и массы недостающей воды. При поливе сосуды ставят на весы и приливают столько воды, сколько требуется до установления поливной массы.

Уборку и учет урожайности проводят при полном созревании растений. Если оно наступает неравномерно и зависит от удобрений, то уборку проводят по мере созревания растений отдельных вариантов. Дни уборки и учета урожайности отмечают в журнале. Отставание в созревании возможно при применении высоких доз азотных удобрений на низком фоне фосфорно-калийных, а также при неблагоприятных погодных условиях (низкая температура почвы и воздуха, избыточное увлажнение). Злаковые, зернобобовые, многолетние и однолетние травы срезают на расстоянии 1–2 см от поверхности почвы и подсчитывают число продуктивных и непродуктивных растений, стеблей, колосьев, стручков, измеряют высоту растений, длину колосьев, стручков, метелок и т. д. Затем растения с каждого сосуда помещают в бумажные пакеты, на этикетке указывают вариант и номер сосуда. Зерновые и зернобобовые высушивают до постоянной массы. После обмолота определяют массу зерна и соломы. Кроме надземной массы путем отмывки на ситах можно определить массу корней. Уборку огурцов, перцев, томатов, пасленов, дынь, арбузов проводят по мере созревания, т. е. несколько раз за сезон. Общую урожайность с варианта подсчитывают суммированием урожайности, учтенной в разное время.

Данные урожайности обрабатывают методами математической статистики, определяют относительную ошибку и достоверность полученных результатов.

Песчаные и водные культуры широко используют для разнообразных физиологических и агрохимических исследований: выявления действия отдельных элементов на рост и развитие растений, на ход биохимических процессов в растении, изучения различных факторов роста, установления антагонизма и синергизма между различными элементами питания, изучения взаимодействия между корневой системой и питательными веществами, процессов поступления питательных элементов в растения, решения многих других вопросов физиологии и агрохимии.

Усвоение растениями питательных элементов из удобрений в почвенной, песчаной и водной культурах существенно различается. Это связано с тем, что распределение питательных веществ в почве не аналогично распределению их в песке и воде. В песке и, особенно в воде, во всех местах сосуда создается более

или менее одинаковая концентрация питательных элементов. Основное отличие песчаных и водных культур от почвенных заключается в однородности питательной среды, имеющей слабую абсорбционную способность и незначительную химическую активность.

К различиям следует отнести и тот факт, что при постановке опытов с песчаной и водной культурами нет и не может быть чистого варианта без удобрений, т. е. нулевого или абсолютного контроля, ибо в отличие от почвенной культуры растения в варианте без удобрений не развиваются и гибнут в начале роста.

Питательные смеси и их состав. При приготовлении питательных смесей большое значение имеет форма удобрений, так как от нее зависят свойства раствора и прежде всего его реакция (pH). Большинство сельскохозяйственных культур развиваются при нейтральной реакции среды. Создать такую среду в песчаных и водных культурах довольно трудно, еще труднее обеспечить физиологическую уравновешенность питательного раствора с оптимальным pH в течение всей вегетации, так как реакция постоянно изменяется вследствие неодинакового поглощения растениями катионов и анионов солей и выделения углекислоты при дыхании корневых систем. Подобранные химически нейтральные соли в процессе питания могут становиться физиологически кислыми или физиологически щелочными.

Подкисление раствора, особенно в песчаных культурах, может происходить в результате нитрификации аммонийных азотных удобрений, под воздействием различных микроорганизмов, в том числе аммонификаторов и нитрификаторов.

При составлении питательных смесей для поддержания реакции среды, близкой к оптимальной, основное значение имеет подбор солей. Ниже приводятся несколько питательных смесей для песчаных и водных культур, которые могут использоваться в научно-исследовательской работе, а также при гидропонном выращивании овощных культур. Концентрация питательных смесей приводится в г/л воды или на 1 кг песка.

Смесь Гельригеля:

$Ca(NO_3)_2$ – 0,492 или $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ – 0,708;
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$ – 0,025;
KCl – 0,075;
KH_2PO_4 – 0,136;
$MgSO_4$ – 0,060 или $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,123;
начальный pH раствора 5,51.

Смесь Кнопа:

KNO_3 – 0,0368;
$NaNO_3$ – 0,0512;
$(NH_4)_2HPO_4$ – 0,25;
$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ – 0,25;
$(NH_4)_2SO_4$ – 0,064;
Mg $SO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,25;
KCl – 0,25;

$FeCl_3$ – 3 капли 5%-ного раствора;
начальный pH раствора 5,70.

Смесь Митчерлиха:

$Ca(NO_3)_2$ – 0,80 или $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ – 1,15;
KNO_3 – 0,30;
NH_4NO_3 – 0,08;
NaCl – 0,20;
KH_2PO_4 – 0,17;
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,20;
начальный pH раствора 5,97.

Смесь Сакса:

KNO_3 – 1,00;
$Ca_3(PO_4)_2$ – 0,50;
$FeCl_3$ – 1 капля 5%-ного раствора;
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – 0,50;
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,50;
NaCl – 0,50;
начальный pH раствора 6,68.

Смесь Пряшникова:

NH_4NO_3 – 0,24;
$CaHPO_4$ – 0,172;
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$ – 0,025;
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – 0,344;
$MgSO_4$ – 0,060 или $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,123;
KCl – 0,160;
начальный pH раствора 6,50.

Смесь Чирикова:

KNO_3 – 1,00;
$Ca_3(PO_4)_2$ – 0,464;
Fe2(SO4)3 – 0,310
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – 0,500;
$MgSO_4$ – 0,500;
начальный pH раствора 3,80.

Техника закладки опыта с песчаной культурой мало чем отличается от почвенной. Субстратом в песчаной культуре служит чистый кварцевый или белый речной песок с диаметром частиц 0,5–0,7мм. После просеивания песок нужно отмыть от примесей ила, для чего его несколько раз отмучивают в обычной водопроводной воде, а перед окончанием – в дистиллированной. Отмытый песок насыпают на противни или в ящики слоем 15–20 см, просушивают на открытом воздухе.

Так как песок обладает невысокой капиллярностью и вода в нем высоко не поднимается, сосуды для песчаных культур не должны быть высокими. Для большинства зерновых, зернобобовых, многолетних трав, корнеплодов оптимальными размерами считают 15х12, 20х20, 25х25, 25х30 см. Сосуды

изготавливают из стекла, синтетических материалов, оцинкованной жести. Удобнее проводить опыты в сосудах Вагнера, не имеющих отверстий в дне.

Как и при постановке опытов с почвенной культурой, сосуды подбирают по массе и диаметру. В одну группу включают сосуды, диаметр которых различается в пределах 0,5–1 см, а по массе не более 100–150 г. Промытые сосуды тарируют чистым битым стеклом или гравием. Битое стекло или гравий, которые одновременно служат дренажем, насыпают горкой на одной из сторон сосуда. Дренаж прикрывают вдвое сложенным кусочком марли и колпачком. Сверху в колпачок для поливки сосудов вставляют стеклянную трубку диаметром 1,0–2,0 см. Масса трубки входит в общую массу сосуда.

После подготовки песка и сосудов проводят пробную набивку для установления массы песка, входящей в сосуд. Поверхность набитого стекла в сосуде не должна доходить до краев на 2–3 см. Так как питательные смеси готовят на дистиллированной воде заранее, то объем их должен входить в объем рассчитанной воды. Питательную смесь выбирают в зависимости от целей и задач исследования, pH смеси, опытной культуры и длительности ее выращивания.

Как и в почвенной культуре, **посев проводят** наклюнувшимися семенами, длина корешков которых должна быть не более 0,2–0,4 мм. На сосуд высевают в 1,5–2 раза больше семян, чем необходимо для нормального развития. После посева лунки прикрывают песком из того же сосуда, в котором проведен посев, увлажняют на глубину 2–3 см. Политые сосуды покрывают бумагой и пленкой и при появлении всходов их полностью открывают.

Уход за растениями и уборку урожая проводят по мере созревания растений, она аналогична уборке в почвенных культурах.

Техника закладки водной культуры. Субстратом для водных культур является дистиллированная вода. Задача водных культур состоит в выявлении роли элементов питания в развитии растений, влияния отдельных и вместе взятых элементов на биохимические процессы, происходящие в растении. Метод водных культур используют физиологи и агрохимики для решения теоретических и практических задач, связанных с повышением урожайности и улучшением качества культурных растений.

Растения в водных культурах выращивают в стеклянных широкогорлых сосудах вместимостью от 3 до 10 л. В опытах можно использовать стеклянные банки цилиндрической формы, вмещающие такой же объем воды, для зерновых, зернобобовых, трав применяют 4–5-литровые сосуды с диаметром горлышка 10–20 см. Каждый сосуд должен иметь крышку с отверстиями для посадки растений, стеклянную трубку, которая служит для продувания воздуха и для установки проволочного каркаса или тонких реек.

В водных культурах можно использовать любую питательную смесь.

Уход за растениями, наблюдения за развитием, учет урожайности такие же, как и в почвенных и песчаных культурах.

Для нормального развития растений необходимо продувание питательного раствора воздухом в течение 3 ч с перерывами в 3 ч, в общей сложности не менее 12 ч в сутки.

При гидропонном способе растения выращивают в сосудах, траншеях, в специально сооруженных из пластмассовых материалов и нержавеющей стали емкостях. Субстратом могут быть гравий, песок, верховой торф, мох, опилки и другой материал, а источником питания – питательный раствор. При хорошо подобранной питательной смеси, оптимальной освещенности, температуре и отрегулированной подаче воздуха гидропонный способ позволяет круглогодично получать с единицы площади более высокую урожайность, чем в защищенном грунте на торфяном субстрате.

При проведении опытов в песчаных и водных культурах питательные вещества, песок, вода, корневая система находятся в постоянном соприкосновении и взаимодействии. Применение **метода изолированного питания** в агрохимических исследованиях дает возможность выращивать растения при разделенной корневой системе в одном или нескольких сосудах при подаче отдельным частям (прядям) различных сочетаний питательных элементов. Метод изолированного питания при разделении корневой системы на две и более прядей позволяет давать им любые сочетания элементов питания и выявлять их влияние на рост корневой системы и самого растения.

В качестве субстрата для изолированных культур можно использовать воду, песок, почву, а также их комбинации. Песчаные, водно-песчаные, песчано-почвенные культуры проводят в обычных цилиндрических, прямоугольных или квадратных стеклянных сосудах, разделенных перегородками на две или несколько частей или вставляемых один в другой.

Использование метода изолированного питания позволило выяснить ряд важнейших вопросов агрохимии: участие фосфора преципитата и фосфоритной муки в питании растений, влияние физиологически кислых удобрений на растворимость и усвояемость фосфатов удобрений и почвы, действие корневых выделений на растворимость фосфатов.

В процессе питания растений в песчаных и водных культурах происходит изменение концентрации и реакции питательного субстрата. Для создания условий питания при постоянной реакции среды выращивают растения в сосудах по «**методу текучих растворов**». Метод был предложен в 1928 г. И. Г. Дикусаром, который на сахарной свекле и кукурузе **изучал поступление** NO_3 и NO_2 в растения при различных значениях pH раствора.

В большой бутыли находится питательный раствор, который по стеклянной трубке (по методу сообщающихся сосудов) подается в маленькую бутыль. Из маленькой бутыли раствор подается к сосудам с растениями. Скорость вытекания раствора регулируют двумя зажимами. В качестве субстрата для наполнения сосудов чаще используют песок. В днищах сосудов имеются отверстия для вытекания воды. Таким образом, устройство позволяет орошать корневую систему растения постоянно протекающим питательным раствором при неизменном значении pH. В настоящее время предложено много устройств для подачи питательных смесей, например, «капельный полив».

Метод стерильных культур предусматривает постановку вегетационных опытов при полном исключении микроорганизмов и других активных веществ в питательной среде.

С помощью **метода стерильных культур** сделан ряд важных открытий, в частности доказана возможность использования растениями азота аспарагина, фосфора лецитина и фитина, изучены роль корневых выделений растений, значение микроорганизмов и физиологически кислого сульфата аммония при усвоении P_2O_5 из фосфоритной муки.

Опыты с выращиванием растений в стерильных культурах в сравнении с песчаными и водными культурами более сложны, так как для различных видов растений требуются свои специфические сосуды, пробки, трубки, устройства для подачи воздуха и питательной смеси. Все составные части таких вегетационных опытов требуют тщательной стерилизации, как в период подготовки, так и в процессе выращивания растений.

Стерилизации также подлежат высаживаемые проращенные семена. Для стерильных культур более удобны конические колбы, горло колбы должно быть небольшим, но достаточным для того, чтобы плотно закрывалось пробкой и позволяло высаживать и выращивать растения.

Колбы для выращивания растений соединяют резиновыми трубками с колбами с питательными растворами, отверстия для доступа воздуха закрывают стерильной ватой. В зависимости от целей и задач исследований можно использовать любую питательную смесь, исключая элементы или добавляя в нее изучаемое соединение как органического, так и минерального происхождения.

Питательный раствор можно наливать в сосуд единожды или в несколько приемов. По мере поступления элементов питания в растения и расхода воды на транспирацию сосуды регулярно доливают дистиллированной стерилизованной водой. Сосуды с растениями прикрывают чехлами для предотвращения нагревания раствора, корневой системы и попадания на них солнечных лучей. Стерилизацию семян проводят растворами брома (0,5–1 %), перекиси водорода (5–12 %), сулемы (0,01 %), семена при этом выдерживают в растворах в течение 10–15 мин.

Вопросы для самоконтроля

1. С какой целью проводятся вегетационные методы исследований?
2. Как рассчитываются дозы минеральных удобрений в вегетационных опытах с почвенной культурой?
3. Дайте характеристику этапам подготовки почвы для вегетационного опыта.
5. Как происходит набивка вегетационных сосудов почвой?
6. Каковы нормы посадки и посева растений в вегетационных опытах с почвенной культурой?
7. Как вычисляется поливная масса?
8. Дайте характеристику основным этапам уборки и учета урожайности.
9. В чем заключается сущность вегетационных опытов с песчаной и водной культурой?

10. Какой вариант будет контрольным в вегетационных опытах с песчаной и водной культурой?

11. Какие удобрения используются для приготовления питательных смесей?

12. Поясните на примере, как влияет соотношение элементов питания применительно к фазам вегетации на урожайность?

13. Дайте характеристику основным питательным смесям для песчаных и водных культур.

14. Какова технология закладки опытов с песчаной культурой?

15. Какова технология закладки опытов с водной культурой?

16. В чем заключается сущность метода изолированного питания?

17. В чем заключается сущность метода текущих растворов?

18. В чем заключается сущность метода стерильных культур?

Тема 4. Лизиметрический метод исследования

Ключевые вопросы темы

Виды лизиметров. Водный режим лизиметров. Миграция элементов питания почвы и удобрений.

Методические указания

Усвоение питательных веществ почвы и удобрений зависит от поступления и распределения атмосферных осадков по профилю почвы.

Лизиметрический метод исследования позволяет с помощью специальных сооружений изучать процесс просачивания воды и растворенных в ней питательных и других веществ через определенный слой почвы. Кроме того, с помощью лизиметров можно глубоко изучить естественное плодородие различных типов почв, транспирационные коэффициенты растений, изменение плодородия почв в результате применения удобрений, потери питательных веществ в газообразном состоянии.

По особенностям конструкции лизиметры подразделяют на бетонные, кирпичные, металлические, из пластмассовых материалов, лизиметрические воронки, лизиметрические колонки и др.

Основная цель лизиметрического опыта — создание условий, близких к природным, возможность учета просочившихся атмосферных осадков, а вместе с ними и питательных элементов через определенный слой или горизонт почвы.

Общее количество просочившейся воды через почву в лизиметре зависит от:

- способа наполнения лизиметра – больше просачивается воды в лизиметрах с естественным, ненарушенным строением генетических горизонтов;

- свойств почвы – в почвах тяжелого гранулометрического состава просачивание воды происходит менее интенсивно в сравнении со средне- и легкосуглинистыми;

- времени года – весной и осенью просачивание значительнее, чем зимой и летом;

- количества осадков за определенный период времени – выпадение их более 40 мм за сутки в летнее время на почвах тяжелого гранулометрического

состава приводит к просачиванию воды на глубину до 1 м, в то время как выпадение 20 мм – всего лишь на 60см; при выпадении 40 мм осадков за недельный срок просачивания до 1 м не происходит;

- температуры воздуха и почвы – при высокой температуре воздуха и почвы испарение происходит быстрее и интенсивнее, а просачивание уменьшается;

- наличия растений – в лизиметрах без растений (парующих) просачивание происходит интенсивнее и на большую глубину, чем под растениями; под растениями значительная часть воды расходуется на потребление, транспирацию и испарение, что зависит от выращиваемых культур.

Количество просочившейся воды, выраженное в процентах от количества выпавших осадков, называют ***коэффициентом просачивания***. Он зависит не только от количества выпадающих осадков, вида растений, интенсивности испарения, но и от гранулометрического состава почвы и размеров лизиметров. Количество просачивающихся вод зависит от гранулометрического состава почвы.

На **подвижность питательных веществ почвы и удобрений** в лизиметрах влияют складывающиеся в них условия. Немаловажное значение при этом имеют вид и формы применяемых удобрений. Количество вымываемых удобрений находится в прямой зависимости от их растворимости и просочившейся воды, а также от характера взаимодействия питательных элементов удобрений с другими составными частями почвы.

Большая часть питательных элементов передвигается в почве с гравитационной водой, причем это может происходить в двух направлениях: при полном насыщении капилляров водой и дальнейшем увлажнении вниз по профилю, а при отсутствии осадков и испарении влага и питательные вещества могут подниматься к поверхности почвы.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается сущность лизиметрического метода исследований?
2. Каковы основные требования к расположению лизиметров и дополнительных устройств?
3. Дайте характеристику видам лизиметров.
4. Какие условия влияют на водный режим лизиметров?
5. Как рассчитывается суточное испарение и сток в лизиметрах?
6. Как происходит миграция элементов питания почвы и удобрений в зависимости от водного режима и элемента питания?

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ И ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические занятия предназначены для формирования систематизированных знаний и получения практических навыков в области агрохимических методов исследования, являющихся основой для решения профессиональных задач агропочвоведения и агроэкологии.

Отчет по выполнению практического занятия должен содержать краткий конспект теоретического материала по теме работы, результаты выполнения практической работы и вывод.

При подготовке к защите практического занятия по данной теме следует ответить на контрольные вопросы. Оценка результатов выполнения задания по каждому практическому занятию производится при представлении студентом отчета о работе и на основании ответов студента на вопросы по тематике практической работы. Студент, самостоятельно выполнивший задание и продемонстрировавший знание материала, получает по практическому занятию оценку «зачтено».

Защита результатов практических занятий является формой контроля текущей успеваемости студента.

Тематический план практических (ПЗ) занятий представлен в таблице 2.

Таблица 2. Объем (трудоёмкость освоения) и структура ПЗ

Номер темы	Номер практического занятия	Содержание практического занятия	Количество часов ПЗ, очная форма
1	1	Определение концентрации растворов колометрическим методом	2
	2	Определение тяжелых металлов в растениеводческой продукции методом инверсионной вольтамперометрии	2
	3	Определение хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии	2
2	4	Выявление неоднородности плодородия почв при проведении рекогносцировочных посевов с применением методов математической статистики	2
	5	Разработка схемы полевого опыта	2
	6	Сопутствующие наблюдения на овощных культурах в полевых опытах	2
3	7	Вегетационные методы исследований для определения холодостойкости растений	2
4	8	Определение жизнеспособности озимых по уровню электропроводности тканей узлов кущения у озимых культур	2
ИТОГО			16

2.1. Определение концентрации растворов колометрическим методом.

Цель занятия. Формирование знаний об определении концентрации растворов колометрическим методом на фотоэлектрическом колориметре КФК-2МП и умений измерять с его помощью оптическую плотность D ряда жидкостных растворов; графически изображать зависимости $D = f(C)$ и определять концентрации C_x раствора $CuSO_4$.

Задание. На практическом занятии студенту необходимо выполнить несколько заданий.

1. Изучить теоретический материал темы:

- механизм поглощения света веществом;
- понятие об оптической плотности;
- закон Бугера–Бера и границы его применения;
- принцип действия колориметра;
- порядок определения оптической плотности растворов на колориметре КФК-2МП и построение калибровочной кривой.

2. В соответствии с методическими указаниями:

- приготовить серию растворов соли меди;
- определить концентрацию меди в растворах известной концентрации;
- результаты оформить в виде таблицы 3 и построить калибровочный график;
- определить концентрацию меди в контрольном растворе.

Таблица 3. Результаты измерений

Концентрация C, мг/мл	Оптическая плотность			
	D_1	D_2	D_3	$D\ ср$

Методические указания

Предварительно необходимо подготовить посуду – мерные колбы, пробирки, пипетки, реактивы.

Приготовление стандартного раствора соли меди (II)

Для приготовления стандартного раствора соли меди на аналитических весах взвешивают 3,927г х/ч $CuSO_4*5H_2O$; переносят в мерную колбу на 1 л, растворяют, приливают 5 мл концентрированной серной кислоты и доводят дистиллированной водой до метки.

В 1мл полученного раствора содержится 1мг иона меди (II).

Приготовление растворителя. Для приготовления растворителя, пипеткой отмерить 10 мл разбавленного (1:3) гидроксида аммония и перенести в мерную колбу на 50 мл, добавить 0,5 мл концентрированной серной кислоты. Довести дистиллированной водой до метки.

Построение калибровочного графика.

В пяти мерных колбах на 25 мл отмеривают 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5 мл стандартного раствора соли меди; приливают по 5 мл растворителя; доводят до

метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. Концентрация меди в колбах соответственно будет: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 мг/мл. Определение оптической плотности проводят при красном светофильтре, чувствительность 2, в кювете с рабочей длиной 10мм. Оптическую плотность начинают определять с раствора имеющего самую низкую концентрацию меди. Раствором из колбы ополаскивают кювету, затем наливают раствор до метки, помещают в кюветодержатель, закрывают крышку кюветного отделения и измеряют оптическую плотность растворов. На основании полученных данных строят колибровочный график.

Определение меди в исследуемом растворе

В мерную колбу на 100 мл. вносят 5–10 мл. исследуемого раствора, прибавляют одну каплю концентрированной серной кислоты и нейтрализуют разбавленным раствором гидроксида аммония, прибавляя его по каплям до появления мути. Затем приливают еще 10 мл гидроксида аммония и доводят объемы до метки дистиллированной водой.

Раствор тщательно перемешивают, наполняют им кювету с рабочей длинной 10 мм и измеряют оптическую плотность при тех же условиях, при которых был получен калибровочный график.

Зная величину оптической плотности, находят по калибровочному графику концентрацию иона меди в мг/мл раствора.

По полученным экспериментальным данным строится зависимость $D = f(C)$, откладывая по оси абсцисс концентрацию раствора C, а по оси ординат – оптическую плотность D.

По диаграмме $D = f(C)$ определяется концентрация раствора неизвестной концентрации C_x.

Контрольные вопросы

1. Объясните механизм поглощения света веществом.
2. Дайте понятие оптической плотности.
3. Выведите закон Бугера–Бера и поясните границы его применения.
4. Поясните принцип действия колориметра.
5. Порядок производства определения оптической плотности растворов на колориметре КФК-2МП и принцип построения калибровочной кривой.

2.2. Определение тяжелых металлов в растениеводческой продукции методом инверсионной вольтамперометрии

Цель занятия. Формирование знаний о методе инверсионной вольтамперометрии и умении определять содержание тяжелых металлов в продукции растениеводства при помощи вольтамперометрического анализатора «АКВ–07–МК».

Задание. На практическом занятии студенту необходимо выполнить следующие задания.

1. Изучить теоретический материал темы:
- роль тяжелых металлов в жизни растений;
- сущность метода инверсионной вольтамперометрии;
- принцип работы вольтамперометрического анализатора;

- устройство анализатора АКВ-07МК;

- проведение лабораторных исследований по определению количества тяжелых металлов в растениеводческой продукции на анализаторе АКВ-07МК.

2. В соответствии с методическими указаниями:

- провести пробоподготовку предложенных преподавателем образцов продуктов растениеводства для определения содержания тяжелых металлов;

- определить значения потенциала аналитического пика для исследуемых элементов на основе вольтамперометрических профилей, полученных при исследовании стандартных растворов металлов;

- провести измерения содержания цинка, кадмия, свинца и меди в подготовленных пробах; для регистрации и обработки вольтамперографических профилей использовать режимы, указанные в таблице 4;

Таблица 4. Условия для выполнения измерений

Наименование параметра	Наименование элемента			
	Zn	Cd	Pb	Cu
Тип измерительного электрода	Углеситаловый			
Направление развертки	Положительное			
Потенциал очистки электрода, В	0			
Время очистки, с	60			
Скорость линейной развертки потенциала, мВ/сек	50			
Потенциал накопления, В	–1,3	–0,9		
Время накопления, сек	60			
Амплитуда развертки, В	1,4	1,05–1,10		
Потенциал аналитического пика (ориентировочное значение), В	–1,0	–0,7	–0,4	–0,1

- результаты исследований занести в табл. 5.

Таблица 5. Диапазоны потенциала восстановления

Элемент	Диапазоны потенциала восстановления, В		
	нижняя граница	потенциал восстановления	верхняя граница
Цинк			
Кадмий			
Свинец			
Медь			

- рассчитать значение концентрации для каждого из исследуемых элементов;

- с применением значений из таблицы 6 сделать заключение о соответствии (или несоответствии) содержания токсичных элементов в исследованном продукте допустимым уровням.

Таблица 6. Предельно-допустимые концентрации некоторых тяжелых металлов в основных продуктах растениеводства

Продукты	Свинец (Pb)	Кадмий (Cd)	Ртуть (Hg)	Медь (Cu)	Цинк (Zn)
Зернобобовые	0,5	0,1	0,02–0,03	10	50
Овощи, ягоды, фрукты свежие и свежезамороженные	0,04–0,5	0,03	0,02	5,0	10,0
Овощи, ягоды, фрукты и изделия из них в сборной жестяной таре	1,0	0,05	0,02	5,0	10,0

Методические указания

Получение каждого вольтамперографического профиля включает следующие этапы: очистку электрода→накопление→измерение. Причем время очистки всегда должно быть не меньше времени накопления.

Анализ проводят в следующей последовательности:

1) Пробу объемом 20 $см^3$, приготовленную к анализу, переносят в полярографическую ячейку.

2) Устанавливают в ячейку хлорсеребряный электрод сравнения и рабочий электрод (углеситаловый). Закрепляют ячейку в датчике.

3) Включают прибор. Устанавливают потенциал электрохимической очистки рабочего электрода на отметку «0,0 В» и производят электрохимическую очистку по времени не менее 60 с. Не регистрируя вольтамперограммы, выключают ячейку.

4) Устанавливают соответствующий потенциал накопления: «1,3 В» – при определении всех четырех элементов, включая цинк («-0,9 В», если цинк не определяют). Включают ячейку, регистрируют вольтамперограмму и выключают ячейку. Устанавливают потенциал «0,0 В». Включают ячейку, проводят электрохимическую очистку электрода в течение времени, равного времени накопления. Не регистрируя вольтамперограммы, выключают ячейку. Проводят не менее трех циклов операций по регистрации вольтамперограммы и очистке электрода. Вычисляют среднее арифметическое значение всех произведенных замеров высот пиков. Величины, отличающиеся от среднего арифметического более чем на 20 %, отбрасывают. Вычисляют среднее арифметическое значение высот пиков, не имеющих сильного разброса измеряемой величины, которое принимают за величину пика, соответствующего концентрации определяемого металла. Электрохимическую очистку электрода обязательно проводят после записи каждой вольтамперограммы.

Чувствительность полярографа и время накопления устанавливают таким образом, чтобы высота самого низкого пика из анализируемых металлов была равна 300–700 мА.

5) Проводят регистрацию вольтамперограммы пробы с добавками элементов, так же как это описано в предыдущем пункте, при подобранной для каждого элемента чувствительности. В первую очередь проводят измерения концентраций свинца, кадмия и цинка. Для этого в ячейку пипеткой вводят добавки рабочих стандартных растворов с известными концентрациями элементов так, чтобы высоты пиков увеличились в 1,5–3 раза при подобранной для каждого элемента чувствительности. Затем проводят измерение концентрации меди. Для этого в ячейку пипеткой вводят добавку рабочего стандартного раствора меди по указанному выше принципу. Общий объем добавленных стандартных растворов всех элементов не должен превышать 10 % от исходного объема исследуемого раствора в ячейке.

Регистрацию вольтамперографических профилей осуществляют при помощи программного пакета «Polar–4.0».

Расчет массовой концентрации металлов в анализируемой пробе проводят по формулам (1) (для сухого образца) и (2) (для жидкого образца)

$$x_m = \frac{h \cdot C_{\text{ст}} \cdot V_{\text{ст}} \cdot V_0}{(H-h) \cdot (V_0 + \Sigma V_{\text{ст}}) \cdot m}, \qquad (1)$$

$$x_v = \frac{h \cdot C_{\text{ст}} \cdot V_{\text{ст}} \cdot V_0}{(H-h) \cdot (V_0 + \Sigma V_{\text{ст}}) \cdot V_{\text{ан}}}, \qquad (2)$$

где x_m – массовая концентрация металла в пробе сухого анализируемого образца (мг/кг); x_v – массовая концентрация металла в пробе жидкого анализируемого образца (мг/дм^3); h – разность высот – высоты пика металла исходного раствора до введения добавки стандартного раствора и высоты пика металла в контрольном («холостом») растворе (мм); H – высота пика металла исходного раствора после добавки стандартного раствора (мм); $C_{\text{ст}}$ – концентрация добавленного стандартного раствора (мг/дм^3); $V_{\text{ст}}$ – объем добавленного стандартного раствора определяемого элемента (дм^3); $\Sigma V_{\text{ст}}$ – общий объем пробы и всех добавленных стандартных растворов всех металлов на момент определения искомого элемента (дм^3); $V_{\text{о}}$ – исходный объем минерализованной пробы в полярографической ячейке (дм^3); m – масса навески сухого анализируемого образца, взятая для анализа (мг); $V_{\text{ан}}$ – исходный объем анализируемого жидкого образца, взятый для анализа (дм^3).

Аналогичные вычисления проводят для параллельной анализируемой пробы. Получают соответственно x_{m_1}, x_{m_2} или x_{v_1}, x_{v_2}. За окончательный результат анализа (x_m) принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений: $x_m = \frac{(x_{m_1} + x_{m_2})}{2}$, расхождения между которыми не должны превышать значений норматива оперативного контроля сходимости. Значения норматива оперативного контроля сходимости приведены в соответствующих ГОСТах на методы испытаний (анализа) – ГОСТ Р 51301–99, ГОСТ Р51823–2001, ГОСТ Р 52180–2003.

Контрольные вопросы

1. Какова роль тяжелых металлов в жизни растений?

2. В чем заключается сущность метода инверсионной вольтамперометрии?

3. Каков принцип работы вольтамперометрического анализатора?

4. Расскажите устройство анализатора АКВ-07МК.

5. Как производятся лабораторные исследования по определению количества тяжелых металлов в растениеводческой продукции на анализаторе АКВ-07МК?

2.3. Определение хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии

Цель занятия. Формирование знаний о хроматографических методах исследований и умении определять содержание хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии в продукции растениеводства.

Задание. На практическом занятии студенту необходимо выполнить следующие задания.

1. Изучить теоретический материал темы:

- определение содержания пестицидов в составе продукции растениеводства хроматографическим методом;
- применение детектора для определения хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии и его принцип действия;
- пробоподготовка для определения содержания хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии;
- методика определения хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии;
- идентификация хлорорганических пестицидов и их количественное определение.

2. В соответствие с методическими указаниями:

- приготовить пробы исследуемых образцов, предложенные преподавателем;
- провести градуировку хроматографической системы, результаты оформить в виде таблице 7;

Таблица 7. Результаты градуировки хроматографической системы

№ п/п	Время удерживания (t), мин	Площадь пика, мкА·с	Концентрация пестицида в пробе, мг/л
1			

- определить качественный и количественный составы хлорорганических пестицидов в исследуемом образце, результаты работы оформить в виде таблице 8;

Таблица 8. Качественный и количественный состав хлорорганических пестицидов

№ п/п	Наименование идентифицированного пестицида	Время удерживания (t), мин	Площадь пика мкА·с	Массовая концентрация пестицида (m_1) в экстракте, мкг/л
1				

- сделать заключение о соответствии (или несоответствии) содержания хлорорганических пестицидов в исследованном образце допустимым уровням, установленным ГН 1.2.3539-18 «Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень)» с оформлением в виде таблицы 9.

Таблица 9. Содержание хлорорганических пестицидов

Исследуемый образец	Наименование пестицида	МДУ пестицида по ГН 1.2.3539-18	Значение характеристики, ед. физ. величин	Погрешность измерения	Заключение

Методические указания

Методика определения хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии основана на экстракции пестицидов из анализируемой пробы этилацетатом, очистке экстракта концентрированной серной кислотой или силикагелем с последующим анализом хлорорганических пестицидов на газовом хроматографе с детектором электронного захвата.

Анализ пробы с помощью газового хроматографа осуществляется следующим образом. Дозированная часть экстракта анализируемой пробы с помощью микрошприца вводится в испаритель газового хроматографа, где она испаряется и потоком газа-носителя (азота, гелия, водорода) переносится в колонку. Колонка находится в термостате. Для более эффективного разделения компонентов смеси применяют программируемое повышение температуры. На колонке происходит динамическое разделение многокомпонентной пробы на индивидуальные вещества. Выходящие из колонки разделенные фракции смеси компонентов анализируются детектором электронного захвата, показания которого фиксируются регистратором (чаще персональным компьютером – ПК).

Схема газового хроматографа представлена на рисунке 1. Газ-носитель подается из баллона (1) под определенным постоянным давлением, которое устанавливается при помощи специальных клапанов и регистрируется манометрами (3 и 3′). Скорость потока регулируется стабилизатором (2) и в зависимости от размера колонки составляет 20–50 мл/мин. Пробу перед вводом в колонку (4) дозируют. Жидкие пробы вводят специальными инжекционными

шприцами (объемом 0,5–20 мкл) в поток газа-носителя (в испаритель – 5) через мембрану из силиконовой самоуплотняющейся резины.

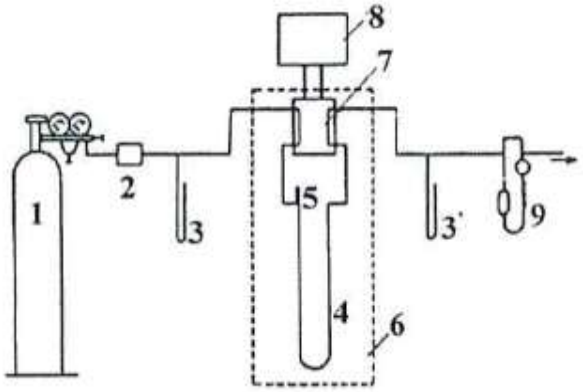

Рис. 1. Газовый хроматограф: 1 – баллон высокого давления с газом-носителем 2 – стабилизатор потока; 3 и 3' – манометры; 4 – хроматографическая колонка; 5 – устройство для ввода пробы; 6 – термостат; 7 – детектор; 8 – регистратор (ПК); 9 – расходомер

Проба должна испаряться практически мгновенно, иначе пики на хроматограмме расширяются и точность анализа снижается. Поэтому дозирующее устройство (5) хроматографа снабжено нагревателем, что позволяет поддерживать температуру дозатора примерно на 50 °С выше, чем температура колонки. Термостат (6) дает возможность в процессе хроматографирования повышать температуру с постоянной скоростью (линейное программирование температуры). Для непрерывной регистрации и измерения концентрации разделяемых веществ в газе-носителе в комплекс газового хроматографа входит детектор электронного захвата (7). Сигнал детектора регистрируется ПК.

Детектор электронного захвата представляет собой ячейку с двумя электродами (ионизационная камера), в которую поступает газ-носитель, прошедший через хроматографическую колонку и содержащий смесь разделенных компонентов.

В камере он облучается постоянным потоком β-электронов, поскольку один из электродов изготовлен из материала, являющегося источником излучения (^{63}Ni, ^{3}H, ^{226}Ra). В детекторе происходит взаимодействие свободных электронов с молекулами определенных типов с образованием стабильных анионов: $AB + e = AB^{-} \pm$ энергия, $AB+e=A + B^{-} \pm$ энергия. В ионизованном газе-носителе в качестве отрицательно заряженных частиц присутствуют только электроны. В присутствии соединения, которое может захватывать электроны, ионизационный ток детектора уменьшается. В значительной степени благодаря использованию детектора электронного захвата удалось обнаружить повсеместное распространение пестицидов в окружающей среде.

Пробоподготовка образцов

Из объединенной пробы продукта отбирают навеску массой 50 г помещают в коническую колбу с притертой пробкой вместимостью 250 мл и

приливают 100 мл этилацетата. Содержимое колбы перемешивают в течение 20 мин на аппарате для встряхивания.

Экстракт декантируют в круглодонную колбу, пропуская через слой безводного сернокислого натрия. Эту операцию повторяют еще 2 раза. Экстракт объединяют и концентрируют путем выпаривания досуха с помощью ротационного испарителя при температуре водяной бани 40–45 °С.

Очистка экстракта. Сухой остаток количественно переносят с помощью 5 мл гексана в делительную воронку вместимостью 100 мл, добавляют 5 мл концентрированной серной кислоты и содержимое воронки аккуратно встряхивают 5–10 раз. После разделения слоев, нижний слой отбрасывают. Очистку экстракта повторяют 2 раза. Очищенный экстракт дважды промывают сначала 1%-ным раствором бикарбоната натрия порциями по 5 мл, затем водой до нейтральной реакции смывных вод. Гексановый экстракт количественно переносят в колбу грушевидной формы вместимостью 25 мл и отгоняют на ротационном испарителе при температуре водяной бани 40–45 °С.

Сухой остаток растворяют в 10 мл гексана.

Проведение измерений

Хроматографические исследования содержания хлорорганических пестицидов выполняются при следующих режимах детектирования:

– температура колонки – 170 °С;

– температура испарителя – 220 °С;

– температура детектора – 230 °С;

– скорость потока газа носителя – 40 мл/мин;

– рабочая шкала электрометра – $6{,}4 \cdot 10^{-11}$ А;

– объем пробы – до 5 мкл.

Кондиционирование хроматографической системы осуществляют за 12 ч до начала определения в следующих режимах: 2 ч при $t = 100$ °С; 2 ч при $t = 150$ °С; 4 ч при $t = 200$ °С; 4 ч при $t = 220$ °С. Затем проводится разделение стандартной смеси хлорорганических пестицидов.

Измерения включают следующие основные этапы.

1) *Градуировка хроматографа по стандартным растворам с известной массовой концентрацией исследуемых пестицидов*

Градуировку хроматографа осуществляют последовательным вводом ряда смесей рабочих растворов, приготовленных из стандартных образцов хлорорганических пестицидов. Концентрация каждого пестицида в первой смеси должна быть – 1 мг/л; во второй – 5 мг/л; в третьей – 10 мг/л.

Под руководством преподавателя с клавиатуры ПК в программу WinXrom ввести параметры проведения хроматографического разделения и запустить в автоматическом режиме два-три хроматографических анализа.

Хроматограмму стандарта необходимо сохранить в следующем формате: «Стандарт ДД–ММ–ГГ.001» (например, «Стандарт 01–10–19.001»).

На основе полученных хроматографических профилей, построить калибровочный график (по оси ординат откладывается концентрация пестицида, мг/л, по оси абсцисс – площадь пика, мкА·с).

2) *Анализ экстракта методом газовой хроматографии с регистрацией сигнала детектором электронного захвата*

Под руководством преподавателя запустить измерение проб в автоматическом режиме (с параметрами хроматографирования, выбранными в задании 2). По окончании измерения провести идентификацию пестицидов по файлам стандартов («Стандарт ДД–ММ–ГГ.001»), полученным в задании 2.

На основе полученного хроматографического профиля рассчитать значения площади пиков и времени удержания для каждого пестицида. По градуировочному графику определить массу пестицидов (мг) в аликвотной части экстракта, введенной в хроматограф.

3) *Идентификация определяемых пестицидов по параметрам удерживания*

На рисунке 2 представлен хроматографический профиль наиболее распространенных хлорорганических пестицидов, полученный методом газовой хроматографии. Номера пиков, обозначенные на хроматограмме, соответствуют номерам, указанным в таблице 10.

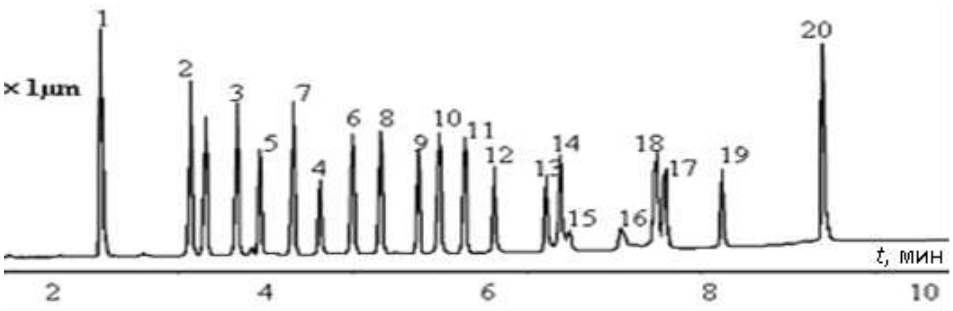

Рис. 2. Хроматографический профиль стандартной смеси пестицидов, полученный методом газовой хроматографии

Таблица 10. Хлорсодержащие пестициды

Номер пика	Пестициды
1	2
1	Тетрахлор-m-ксилол (SS1)
2	α-ГХЦГ (α-Гексахлорциклогексан)
3	Линдан
4	β-ГХЦГ
5	Гептахлор
6	δ-ГХЦГ
7	Альдрин
8	Гептахлорэпоксид
9	Эдосульфан I (α-эндосульфан)
10	4,4'-ДДЕ
11	Диэльдрин
12	Эндрин

Окончание таблицы 10

1	2
13	4,4'-ДДД
14	Эндосульфан II (β-эндосульфан)
15	4,4'-ДДТ
16	Эндрина альдегид
17	Эндосульфана сульфат
18	Метоксихлор
19	Эндрина кетон
20	Декахлорбифенил (SS2)

4) *Вычисление массовой концентрации пестицидов в пробе на основе зарегистрированных аналитических сигналов (площади пиков) и градуировочных характеристик*

Массовую концентрацию X_i каждого из пестицидов в исследуемой пробе (мг/кг) определяют по формуле

$$X_i = \frac{m_1 \cdot V_1}{m_2 \cdot V_2 R}, \quad (3)$$

где m_i – массовая концентрация пестицида, найденная по градуировочному графику в аликвотной части экстракта, мкг/л; m_2 – масса анализируемой пробы, г; V_1 – объем аликвоты, вводимой в хроматограф, мкл; V_2 – общий объем экстракта пробы, из которого взята аликвота для хроматографирования, мл; R – коэффициент извлечения (≈ 0,95).

Вычисления проводят до третьего десятичного знака. Результат измерения массовой доли пестицидов округляют до второго десятичного знака и заносят в таблицу 8 в следующем виде: $X_i, \pm \Delta$ (мг/кг(л)), при вероятности, равной 0,95, где X_i, – массовая концентрация каждого из пестицидов в пробе, мг/кг(л); Δ – граница абсолютной погрешности, вычисляемая по формуле

$$\Delta = \frac{15 X_i}{100}. \quad (4)$$

Контрольные вопросы

1. Какой хроматографический метод используют для определения содержания пестицидов в составе продукции растениеводства?
2. Какой детектор используется для определения хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии и на чем основан его принцип действия?
3. Как проводят пробоподготовку для определения содержания хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии?
4. Проведение каких операций включает методика определения хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии?
5. Как проводят идентификацию хлорорганических пестицидов и их количественное определение?

2.4. Выявление неоднородности плодородия почв при проведении рекогносцировочных посевов с применением методов математической статистики

Цель занятия. Формирование знаний об учете урожая сельскохозяйственных культур в рекогносцировочных посевах и умений выполнять анализ урожайности рекогносцировочных посевов с применением методов математической статистики.

Задание. На практическом занятии студенту необходимо выполнить следующие задания.

2. Изучить теоретический материал темы:

- основные понятия математической статистики, применяемые в агрономических исследованиях;
- величины при статистической характеристике выборки;
- статистическое распределение частот совокупности результатов наблюдений;
- цели проведения рекогносцировочных посевов;
- последовательность составления плана дробного учета урожая.

2. В соответствии с методическими указаниями по данным таблицы 11;

Таблица 11. Исходные значения для расчета

Номер варианта	Урожайность овса (ц/га) на элементарных площадках			
1	14	15	13	14
	10	11	12	16
	11	13	13	14
	10	12	14	15
2	14	15	13	14
	12	17	22	16
	11	13	13	7
	10	12	19	15
3	19	7	7	16
	9	19	12	5
	17	22	8	9
	21	8	11	14

- вычислить: квадратичное отклонение от среднего, коэффициент вариации, ошибку средней урожайности и ошибку опыта;
- результаты работы оформить в виде таблицы 12;
- сделать сравнительную характеристику полученных результатов.

Таблица 12. Результаты вычислений

Номер варианта	Квадратичное отклонение от среднего σ	Средняя урожайность M, ц/га	Коэффициент вариации V	Ошибка средней урожайности $\pm m$	Ошибка опыта $\pm m\%$
1					
2					
3					

Методические указания

Выполнить практическую работу по исходным данным с вычислением следующих величин.

Определить квадратичное отклонение от среднего по следующей формуле:

$$\sigma = \pm\sqrt{\frac{\Sigma Q^2}{n}}, \qquad (5)$$

где Q – отклонение отдельного показателя (урожайности отдельной делянки) от средней урожайности рекогносцировочного посева; n – число показаний (количество площадок).

Среднеквадратичное отклонение, выраженное в процентах от средней урожайности, называют *вариационным коэффициентом.* Его определяют по формуле:

$$V = \pm\frac{100\sigma}{M}, \qquad (6)$$

где M – среднее арифметическое (средняя урожайность по всем площадкам).

Считается, что при V до 15 % варьирование незначительное, 15–25 % – значительное и > 25 % – очень высокое. Чем больше V тем значительнее пестрота исследуемого участка.

Затем определяют ошибку средней урожайности, или единичного наблюдения:

$$m = \pm\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\ . \qquad (7)$$

Ошибка средней урожайности (m) показывает, на сколько могла измениться урожайность делянки (площадки) от истинной урожайности в результате неоднородности почвенного покрова и случайных ошибок, допущенных в опыте.

Не менее важным показателем при определении пестроты участка является точность опыта

$$m\% = \frac{V}{\sqrt{n}}. \qquad (8)$$

То есть ошибка опыта *(m%)* изменяется прямо пропорционально вариационному коэффициенту (V) и обратно пропорционально корню квадратному из числа повторений (n). Опыт считается точным, если ошибка опыта не превышает 7–9 %. На точность опыта в большей степени влияет

уменьшение вариационного коэффициента, чем увеличение числа повторений.

Если урожайность рекогносцировочного посева неоднородна и вариационный коэффициент высокий (более 25 %), то участок на плане делят на два или более самостоятельных, с низкой и более высокой урожайностью, а затем снова вычисляют среднюю урожайность и коэффициент вариации каждого участка

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику основным понятиям математической статистики, применяемым в агрономических исследованиях.
2. Какие основные величины определяются при статистической характеристике выборки?
3. Дайте характеристику методам статистического распределения частот совокупности результатов наблюдений.
4. С какой целью проводится рекогносцировочный посев?
5. Какова последовательность составления плана дробного учета урожая?

2.5. Разработка схемы полевого опыта

Цель занятия. Формирование знаний о полевых опытах и умений составлять схемы полевых опытов.

Задание. На практическом занятии студенту необходимо выполнить следующие задания.

1. Изучить теоретический материал темы:

- понятие о схеме полевого опыта;
- качественная и количественная градация изучаемых факторов;
- число вариантов в опытах с качественной и количественной градацией изучаемых факторов;
- зависимость числа вариантов от коэффициента вариации в опыте;
- характеристика методов размещения вариантов.

2. В соответствии с методическими указаниями для проверки научной гипотезы по эффективности агротехнических приемов и новых сортов по данным таблицы 13 с количеством повторений – не менее трех:

- разработать схему полевого опыта;
- начертить схематический план опыта.

Номер варианта определяется преподавателем.

Методические указания

Практическую работу выполнить по приведенному ниже примеру.

Научная гипотеза

Агротехническая оценка использования дискатора в системе основной обработки почвы под озимые культуры.

Теоретические основы составления схемы полевого опыта

Традиционная подготовка почвы базируется на вспашке на глубину пахотного слоя (20–22 см) с последующим использованием сплошной культивации и предпосевной обработки комбинированным почвообрабатывающим агрегатом.

Составление схемы полевого опыта

В качестве контроля в схему опыта включаем вариант со вспашкой и многооперационной предпосевной обработкой. Вторым вариантом берем обработку почвы дискатором на глубину 10–12 см с традиционной многооперационной предпосевной обработкой, позволяющей вычленить действие дискатора. Третьим вариантом рационально принять дискование тяжелой бороной на глубину 10–12 см с традиционной многооперационной предпосевной обработкой. Этот вариант позволяет вычленить эффективность использования орудия дискатора по сравнению с тяжелой дисковой бороной. Четвертым вариантом в схеме может быть обработка дискатором и предпосевной обработки комбинированным почвообрабатывающим агрегатом (без культивации). Обоснование такого сочетания служит использование результата более качественной работы дискатора, позволяющей достичь необходимой подготовки почвы без культивации.

Схема опыта «Агротехническая оценка использования дискатора в системе основной обработки почвы под озимые культуры» будет включать следующие варианты:

1. Вспашка на 20–22 см (контроль).
2. Обработка дискатором на 10–12 см.
3. Обработка тяжелой дисковой бороной на 10–12 см.
4. Обработка дискатором на 10–12 см, без культивации, предпосевная обработка аналогично вариантам 1–3.

Графическая часть

Графическая часть выполняется в соответствии с теоретическим и лекционным материалом.

Таблица 13. Исходные данные для выполнения практического занятия

Номер варианта	Научная гипотеза	Число вариантов схемы опыта	Метод размещения вариантов	Примечание
1	Предпосадочное чизеливание на глубину 30 см – эффективный прием при возделывании картофеля	4	Рандомизированные повторения	Глубина пахотного слоя 20–22 см
2	Предпосадочное фрезерование позволяет снизить уплотнение почвы и расход топлива	5	Рандомизированные повторения	Традиционная обработка включает многооперационную подготовку почвы
3	Увеличение дозы навоза под картофель свыше 40 т/га сопровождается снижением устойчивости к фитофторозу	4	Полная рандомизация	В опыте предполагается использовать фитофтороустойчивые сорта
4	Озимая пшеница Московская 39 уступает по перезимовке сорту Тимирязевская 162 селекции ТСХА.	5	Полная рандомизация	Кроме пшеницы в схему рекомендуется включить тритикале
5	Удобрения Буйского завода не уступают по влиянию на продуктивность моркови удобрениям Кемира-универсал	5	Латинский квадрат	В схему опыта рекомендуется включить вариант без удобрений
6	Применение отечественного гербицида Бицевс на свекле по экологическим, экономическим и агротехническим причинам эффективнее препарата Бетонал 22	6	Латинский квадрат	В схему опыта рекомендуется включить вариант без гербицидов
7	Двукратная внекорневая подкормка мочевиной по влиянию на содержание белка эффективнее, чем однократное внесение	15	Латинский прямоугольник	
8	Однократная химическая прополка парового поля заменяет до двух культиваций	18	Латинский прямоугольник	
9	Опоздание с посевом яровых зерновых культур на один день приводит к потере урожая на 5 %	4	Систематическое размещение	
10	Увеличение дозы азотных удобрений под озимую пшеницу эффективнее с использованием ретардантов	5	Систематическое размещение	

Контрольные вопросы

1. Объясните понятие «схема полевого опыта».
2. Что включает в себя качественная и количественная градация изучаемых факторов?
3. Выбор числа вариантов в опытах с качественной и количественной градацией изучаемых факторов.
4. Как зависит число вариантов в опыте от коэффициента вариации?
5. Дайте характеристику методам размещения вариантов в опытах.

2.6. Сопутствующие наблюдения на овощных культурах в полевых опытах

Цель занятия. Формирование знаний о проведении сопутствующих наблюдений на овощных культурах в полевом опыте и умений определять ряд фитопатологических показателей.

Задание. На практическом занятии студенту необходимо выполнить следующие задания.

1. Изучить теоретический материал темы:
- проведение фенологических наблюдений в полевом опыте на овощных культурах;
- определение прироста овощных культур в полевом опыте;
- методы физиологических исследований овощных культур в полевом опыте;
- оценка качества овощных культур в полевом опыте;
- учет вредителей и болезней овощных культур в полевом опыте.
2. В соответствии с методическими указаниями по данным таблицы 14:

Таблица 14. Исходные значения для расчета

Культура	Объект фитопатологических исследований	Результат оценки, балл					
		0	1	2	3	4	5
Капуста, 1-й учет	Крестоцветные блошки (жуки), весенняя капустная муха (яйца)	45	4	0	1	-	-
Капуста, 2-й учет	Репная и капустная белянки, капустная моль (гусеницы)	9	17	7	9	5	3
Капуста, 3-й учет	Капустная моль, капустная и репная белянки, капустная совка (гусеницы), капустная тля, весенняя и летняя капустные мухи (личинки)	33	8	3	3	2	1
Капуста, 4-й учет	Капустная моль, капустная и репная белянки, капустная совка (гусеницы), капустная тля	7	9	23	11	-	-
Капуста, 5-й учет	Кила капусты, капустные мухи	28	8	7	7	-	-
Томаты	Фитофтороз	8	22	41	17	12	-
Огурец	Паутинный клещ, бахчевая тля	41	21	14	10	8	6
Огурец	Мучнистая роса	7	10	27	32	24	-

- вычислить значения следующих величин результатов фитопатологического обследования: общее количество исследованных растений, больных растений, процент распространения болезней или вредителей, средний балл поражения, показатель развития болезни или поражения вредителями и определить группу степени развития растений;

- результаты вычислений оформить в виде таблицы 15.

Таблица 15. Результаты вычислений практического занятия

Культура	Количество исследованных растений, шт	Количество больных растений, шт.	Распространение болезни P, %	Средний балл поражения C_b	Степень развития болезни R, %	Группа
Капуста, 1-й учет						
Капуста, 2-й учет						
Капуста, 3-й учет						
Капуста, 4-й учет						
Капуста, 5-й учет						
Томаты						
Огурец						
Огурец						

Методические указания

При фитопатологических обследованиях в процессе сопутствующих исследований в полевых опытах рассчитывают следующие показатели.

Распространение болезней или вредителей определяется после подсчета больных и здоровых растений в пробе по формуле:

$$P = \frac{A \cdot 100}{N}, \qquad (9)$$

где P – распространение болезни, %; N – общее число растений в пробе, шт.; A – число больных растений, шт.

Распространение может быть отнесено и к отдельным органам растений. В этих случаях частоту встречаемости определяют подсчетом больных и здоровых однородных органов по вышеприведенной формуле (9).

Средний балл поражения рассчитывают по формуле:

$$C_b = \frac{\sum(n \cdot b)}{N}, \qquad (10)$$

где C_b – средний балл поражения; $\Sigma(n \cdot b)$ – сумма произведений числа листьев на соответствующий балл; N – общее число больных и здоровых листьев.

Развитие болезни отражает усредненную степень поражения одного растения. Вычисление развития болезни проводят по формуле:

$$R = \frac{\sum(r \cdot b) \cdot 100}{N \cdot C}, \qquad (11)$$

где R – степень развития болезни, %; Σ – сумма произведений rb; r – число растений, пораженных в одинаковой степени (один и тот же балл); b – балл поражения; N – общее число учетных растений; C – высший балл шкалы.

В зависимости от степени развития болезни, сорта и гибриды разделяют на следующие группы:

1– 0 % – устойчивые;

2 – 1–10 % – слабопоражаемые;

3 –11–25 % – среднепоражаемые;

4 – 26–50 % – сильнопоражаемые;

5 – более 50 % – неустойчивые.

Контрольные вопросы

1. Какие фенологические наблюдения проводятся в полевом опыте на овощных культурах?
2. В какие сроки фиксируется прирост овощных культур?
3. Какие методы физиологических исследований овощных культур проводят в полевом опыте?
4. Какие химические показатели определяются при оценке качества овощных культур в полевом опыте?
5. Как проводится учет вредителей и болезней овощных культур в полевом опыте?

2.7. Вегетационные методы исследований для определения холодостойкости растений

Цель занятия. Формирование знаний о методах определения холодостойкости сельскохозяйственных растений в вегетационном опыте и умений определять посевную годность семян в зависимости от температурных условий.

Задание. На практическом занятии студенту необходимо выполнить следующие задания.

1. Изучить теоретический материал темы:

- методы оценки холодостойкости растений;
- подготовка проб для определения всхожести и энергии прорастания семян;
- методы проращивания семян для определения всхожести и энергии прорастания семян;
- этапы проведения анализа по проращиванию семян в различных условиях;
- обработка результатов проведения опытов по определению всхожести и энергии прорастания семян.

2. В соответствии с методическими указаниями:

- провести сравнительный анализ по определению холодостойкости сельскохозяйственных культур при температуре 3–20 °С;

- за стандартные условия принять условия проращивания семян сельскохозяйственных культур по данным таблицы 16;

- при планировании условий для проращивания (ложе, освещенность) выбрать единственный вариант;

- результаты вычислений оформить в виде таблицы 17;

Номер варианта определяется преподавателем.

Методические указания

1. Подготовка к выполнению практической работы.

1.1. Отбор проб – по ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб.

1.2. Из семян основной культуры, выделенных из навесок при определении чистоты по ГОСТ 12037-81 (Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян), отбирают четыре пробы по 100 семян в каждой, а из семян основной культуры арахиса, арбуза, бобов, кабачка, клещевины, кукурузы, нута, патиссона, тыквы, фасоли – по 50 семян в каждой.

1.3. Для определения всхожести смеси семян отсчитывают четыре пробы по 100 семян в каждой, если масса семян данного вида составляет 20 % смеси и более, и две пробы по 100 семян, если масса семян данного вида составляет от 10 до 20 % смеси.

1.4. Если проба семян представлена только для определения всхожести, то из нее выделяют одну навеску и разбирают ее на семена основной культуры и отход. Из семян основной культуры отбирают пробы для проращивания.

1.5. При определении всхожести протравленных семян допускается отсчет семян основной культуры в пробу непосредственно из мешочка со средней пробой, представленной на анализ. Работают в вытяжном шкафу или используют респираторы.

2. Аппаратура, оборудование, материалы, реактивы.

2.1. Для анализа применяют:

- термостат обогреваемый с диапазоном температур от 20 до 40 °С;

- термостаты охлаждаемые и обогреваемые с диапазоном регулирования температуры в рабочей камере от 0 до 40 °С; допустимые колебания температуры ±2 °С;

- аппарат для проращивания семян на свету типа аппарата Якобсена;

- печь для прокаливания песка;

- посуду для промывания и увлажнения субстрата;

Таблица 16. Условия проращивания семян сельскохозяйственных культур (по ГОСТ 12038-84. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Приложение 1, фрагмент с изменениями **)

Вариант	Культура	Условия проращивания				Срок определения, сут		Дополнительные условия для семян, находящихся в состоянии покоя
		Ложе	Температура, °С		Освещенность			
			постоянная	переменная		Энергия прорастания	Всхожесть	
1	**2**	**3**	**4**		**5**	**6**	**7**	**8**
1	Арбуз	НП; Р	30	20-30	Т	4	10	Проращивание при 30 °С; замачивать 6ч
2	Базилик	НБ	20**	20-30	С; Т	4	10	Свет; KNO_3
3	Баклажан	МБ; НБ	20**	20-30	Т	7 и 10	14	Предварительное охлаждение в течение 4 сут
4	Горох посевной	ВП; НП	20	20-30**	Т	4	8	Предварительное охлаждение
5	Гречиха посевная	Р; МБ	25	20-30**	Т	4	7	Предварительное прогревание
6	Сорго поникшее	НП; МБ	25	20-30	Т	4	8	Предварительное охлаждение
7	Ежа сборная	НБ	20**	20-30	С; Т	7	14	Проращивание при 10–30 °С в течение 20 сут
8	Кабачки	МБ; НП	25	20-30	Т	3	10	Свет
9	Капуста белокочанная	НБ	25	20-30	Т	3	8	Свет; проращивание при температуре 10–30 °С
10	Клевер ползучий	НБ	20	20-30**	Т	3	7	Предварительное охлаждение; проращивание при 15°С
11	Лисохвост луговой	НБ	20**	20-30	С; Т	7	14	Предварительное охлаждение; KNO_3; проращивание при температуре 10°С - 30°С
12	Лук репчатый	МБ; НБ	15**(15; 20)	20-30**	Т	5	12	Предварительное охлаждение
13	Мятлик болотный	НБ	20**	20-30	С; Т	7	21	Предварительное охлаждение; KNO_3; проращивание при температуре 10– 30 °С в течение 30 сут
14	Нут	ВП; НП	20	20-30	Т	3	7	-
15	Огурец	МБ; НБ	25	20-30	Т	3	7	Свет; предварительное прогревание
16	Патиссон	МБ; НП	25	20-30	Т	3	10	Свет
17	Перец	НБ; Р; МБ	25**	20-30	Т	7	15	Свет; KNO_3
18	Подсолнечник	Р; НП	25	20-30	Т	3	5	Предварительное прогревание при температуре 30 °С в течение 10 сут
19	Пшеница мягкая	НП;МБ; Р; МБ*	20	20-30**	Т	3	7	Предварительное охлаждение; предварительное прогревание; ГК
20	Табак	НБ	30	20-30**	С	6	10	Замачивание семян в 0,01%-ной янтарной кислоте на 1 сут при комнатной температуре; проращивание при 10–30 °С

Условные обозначения: НБ – на фильтровальной бумаге; МБ – между слоями фильтровальной бумаги; МБ* – между слоями фильтровальной бумаги с постоянной подачей воды; Р – рулоны из фильтровальной бумаги; НП – на песке; ВП – в песке; С – свет; Т – темнота; переменная температура: 6 ч при повышенной, 18 ч при пониженной.

Таблица 17. Результаты выполнения практического занятия

Вариант	Культура, сорт	Количество семян для опыта, шт	Условия проращивания					Количество проросших семян при температуре ____ ежесуточно по датам, шт			Посевная годность семян, %	Проведенные мероприятия для семян, находящихся в состоянии покоя
			Ложе	Температура, °С			Освещенность	01.11.19	….	nn.11.19		
				переменная	постоянная	переменная						
1	2	3	4	5			6	7 / 8 / 9			10 / 10-11	11 / 12
1				3 - 20								
11				3 - 20								

Примечание: Количество проросших семян фиксируется для каждой температурного режима отдельно; посевная годность семян определяется для стандартных условий проращивания.

- сита для просеивания песка;
- цилиндр металлический с сетчатым дном высотой 30 и диаметром 8 см;
- чашки Петри или Коха;
- сосуды для проращивания семян в рулонах;
- растильни;
- увлажнители ложа (капельницы, пипетки, леечки);
- набор лабораторных луп;
- микроскоп типа МБС 3;
- весы для взвешивания массы с пределом взвешивания не менее 2 кг с поверочной ценой деления не более 5 г;
- сушильный шкаф с диапазоном регулирования температуры в рабочей камере от 50 до 150 °С, допустимые колебания температуры ±2 °С;
- лампы люминесцентные;
- термометры со шкалой от 0 до 40 °С;
- счетчик-раскладчик семян;
- маркеры для песка;
- трамбовки;
- совочки;
- шпатели;
- пинцеты;
- препаровальные иглы;
- розетки;
- песок кварцевый с размером частиц от 0,5 до 2 мм;
- бумагу фильтровальную;
- воду водопроводную;
- воду дистиллированную;
- воду кипяченую;
- калий азотнокислый;
- калий марганцовокислый;
- гиббереллин;
- спирт этиловый 95%-ный;
- вату гигроскопическую;
- кислоту янтарную;
- кислоту серную.

3. Подготовка к анализу

3.1. Термостаты моют горячей водой с моющими средствами и дезинфицируют 1%-ным раствором марганцовокислого калия или спиртом через каждые 10 дней. Один раз в месяц термостаты дезинфицируют спиртом. В рабочую камеру термостата ставят поддон с водой.

3.2. Аппараты типа аппаратов Якобсена перед каждым анализом моют горячей водой с моющими средствами, дезинфицируют 1%-ным раствором марганцовокислого калия или спиртом (один раз в месяц дезинфицируют спиртом), а затем ополаскивают и наполняют водопроводной водой.

3.3. Растильни, чашки Петри, Коха, сосуды для проращивания семян в рулонах, используемые для приготовления ложа, моют горячей водой с

моющими средствами, ополаскивают 1%-ным раствором марганцовокислого калия, а затем водой. При проращивании семян на ложе из фильтровальной бумаги посуду перед употреблением дезинфицируют спиртом.

Чашки Петри и Коха допускается стерилизовать в сушильном шкафу при температуре 130 °С в течение 1 ч или кипячением в воде в течение 40 мин.

3.4. Песок промывают, высушивают, прокаливают до обугливания помещенных в него полосок бумаги и просеивают.

При повторном использовании песок необходимо вновь промыть, прокалить и просеять. После проращивания протравленных семян повторное использование песка не допускается.

3.5. Определение влагоемкости песка.

3.5.1. Влагоемкость подготовленного песка определяют с помощью металлического цилиндра с сетчатым дном. Из разных мест емкости с песком отбирают точечные пробы, из которых составляют среднюю пробу массой около 2 кг. На дно цилиндра помещают кружок смоченной фильтровальной бумаги диаметром около 8 см и взвешивают. Затем цилиндр наполняют на песком, взятым из средней пробы, и снова взвешивают. Цилиндр ставят в сосуд с водой так, чтобы вода была на уровне песка. Когда вода смочит поверхность песка, цилиндр вынимают из сосуда, дают стечь лишней воде, промокают его снизу и с боков фильтровальной бумагой и взвешивают.

Влагоемкость (A) вычисляют в миллилитрах на 100 г песка по формуле:

$$A = \frac{100 \cdot (m_2 - m_1)}{(m_1 - m)}, \qquad (12)$$

где m – масса цилиндра с кружком увлажненной фильтровальной бумаги, г; m_1 – масса цилиндра с сухим песком, г; m_2 – масса цилиндра с увлажненным песком, г.

В случае, если через сетчатое дно цилиндра песок не просыпается, кружок смоченной фильтровальной бумаги на дно не кладут.

3.6. Песок и нарезанную фильтровальную бумагу увлажняют непосредственно перед раскладкой семян на проращивание. Фильтровальную бумагу смачивают, опуская в воду, и затем дают стечь избытку воды. Песок увлажняют в зависимости от проращиваемой культуры: для семян риса – до полной влагоемкости, для семян бобовых культур – на 80 %, а для семян остальных культур – на 60 % от его полной влагоемкости.

3.7. Из увлажненного субстрата подготавливают ложе для проращивания в соответствии с установленными для каждой культуры условиями, указанными в таблице 16. Счетчиком-раскладчиком вручную или вручную под маркер раскладывают на ложе семена на расстоянии не менее 0,5–1,5 см друг от друга в зависимости от их размеров.

В каждую пробу семян помещают этикетку с указанием регистрационного номера средней пробы, номера проращиваемой пробы (повторности), дат учета энергии прорастания и всхожести.

3.8. Подготовка к проращиванию семян с использованием фильтровальной бумаги

3.8.1. Проращивание семян на бумаге (НБ)

Семена раскладывают на двух-трех слоях увлажненной бумаги в чашках Петри, Коха или аппаратах типа аппарата Якобсена. Семена лекарственных культур допускается проращивать в растильнях на четырех-пяти слоях увлажненной бумаги.

3.8.2. Проращивание семян между бумагой (МБ)

Семена раскладывают в растильнях между слоями увлажненной фильтровальной бумаги: два-три слоя на дне растильни, одним слоем прикрывают семена.

3.8.3. Проращивание семян в рулонах (Р)

Первый способ. На двух слоях увлажненной бумаги размером 10х100 см (±2 см) раскладывают одну пробу семян зародышами вниз по линии, проведенной на расстоянии 2–3 см от верхнего края листа. Семена округлой формы раскладывают без ориентации зародыша. Сверху семена накрывают полоской увлажненной бумаги такого же размера, затем полосы неплотно свертывают в рулон и помещают в вертикальном положении в растильню.

Второй способ (для подсолнечника, сои, клещевины). Лист бумаги размером 40х50 см (±2 см) складывают по ширине вдвое и увлажняют. Для проращивания семян клещевины используют дополнительный вкладыш размером 20х50 см (±2 см). Отгибают половину увлажненного листа, а на другой половине раскладывают пробу семян на расстоянии 2–2,5 см от верхнего края листа и внизу на расстоянии 6,5–7 см от отогнутой стороны листа (семена клещевины – на ложе из двух листов), размещая их в четыре ряда в шахматном порядке. Семена накрывают отогнутой половиной листа, сворачивают рулон и ставят его вертикально в сосуд, который прикрывают, оставляя небольшое отверстие для вентиляции. Каждую пробу подсолнечника и сои раскладывают в два рулона – по 50 шт.

3.8.4. Проращивание семян на гофрированной бумаге (Г)

Два слоя бумаги длиной 100–105 см и шириной 12 см гофрируют так, чтобы получилось по 24–25 складок с высотой зубцов по 20–22 мм. Гофрированную таким образом бумагу увлажняют, помещают в растильню и в каждой складке раскладывают по четыре-пять семян.

3.8.5. Допускается проращивать семена овса, ячменя, пшеницы и ржи между бумагой с постоянной подачей воды (МБ)*. В растильню наливают около 70 см воды, помещают в нее П-образную вставку (из пластмассы или нержавеющего металла) высотой 15 мм, на которую укладывают один-два слоя увлажненной бумаги так, чтобы узкий край листа был опущен в воду, и раскладывают семена. Затем берут стеклянную, пластмассовую или металлическую уплотнительную пластину массой 115–150 г, накладывают на нее лист увлажненной бумаги и прикрывают ею семена, оставив отверстия шириной 1–2 мм для вентиляции.

3.8.6. Проращивание семян аниса, шалфея мускатного, тмина, фенхеля следует проводить при постоянной подаче воды между слоями фильтровальной бумаги (МБ*).

3.9. Подготовка к проращиванию семян на ложе из песка

3.9.1. Проращивание семян на песке (НП)

Растильни на их высоты наполняют увлажненным песком и разравнивают. Затем раскладывают семена и трамбовкой вдавливают в песок на глубину, равную их толщине.

3.9.2. Проращивание семян в песке (ВП)

Растильни наполняют увлажненным песком, разравнивают его. После раскладки семена вдавливают трамбовкой в песок и покрывают слоем увлажненного песка около 0,5 см.

3.10. Растильни, чашки Петри, Коха, сосуды с рулонами помещают для проращивания в термостаты. Чашки Петри, Коха и растильни допускается ставить друг на друга. Верхнюю растильню в каждой стопке накрывают стеклом или пустой растильней.

4. Проведение анализа

4.1. Семена проращивают в условиях, предусмотренных в таблице 16.

4.2. В термостатах следует поддерживать установленную температуру, проверяя ее три раза в день – утром, в середине дня и вечером; она не должна отклоняться более чем на ±2°С.

4.2.1. Проращивание семян при переменных температурах 20–30 °С, 20–35 °С следует осуществлять путем переключения терморегулятора с низкой температуры на высокую или с высокой на низкую. Для семян, проращиваемых при переменных температурах большего диапазона, и для семян лекарственных растений, которым требуется резкая смена температуры, производится перенос семян из одного термостата в другой.

4.2.2. Если переменную температуру не контролируют в выходные дни, семена (кроме семян подсолнечника) следует проращивать при более низкой из двух указанных в приложениях 1, 2 температур.

4.3. Проверять состояние увлажненности ложа следует ежедневно, при необходимости смачивать его водой комнатной температуры, не допуская переувлажнения.

4.4. Уровень воды в аппаратах типа аппарата Якобсена поддерживать ниже ложа на 1,5–2,0 см.

4.5. При проращивании семян на свету необходимо обеспечивать их освещенность не менее 8 ч в сутки с интенсивностью не менее 250 лк, семян, находящихся в состоянии покоя, 750–1250 лк. Семена, проращиваемые при переменных температурах, следует освещать в период проращивания при высокой температуре.

4.6. Необходимо обеспечивать постоянную вентиляцию в термостатах. Ежедневно на несколько секунд следует приоткрывать крышки чашек Петри, Коха.

4.7. Воду в поддоне на дне термостата следует менять через каждые 3–5 сут.

4.8. Оценку и учет проросших семян при определении энергии прорастания и всхожести проводят в сроки, указанные в таблице 16. При этом

день закладки семян на проращивание и день подсчета энергии прорастания или всхожести считают за одни сутки.

Если все семена проросли (полностью или с учетом загнивших) раньше установленного срока, то окончательный срок учета всхожести может быть сокращен, а при недостаточном развитии проростков - продлен до 3 сут с отметкой об этом в выдаваемом документе.

У культур со сроком проращивания свыше 10 сут проводят промежуточный подсчет проросших семян между определениями энергии прорастания и всхожести. При интенсивном развитии проростков допускается проводить предварительный подсчет проросших семян до срока учета энергии прорастания.

4.9. К всхожим относят нормально проросшие семена, у кормовых бобовых трав, вики и люпина к всхожим относят также твердые семена.

4.10. При учете энергии прорастания подсчитывают и удаляют только нормально проросшие и явно загнившие семена, а при учете всхожести отдельно подсчитывают нормально проросшие, набухшие, твердые, загнившие и ненормально проросшие семена.

4.11. К числу нормально проросших семян относят семена, имеющие:

- хорошо развитые корешки (или главный зародышевый корешок), имеющие здоровый вид;
- хорошо развитые и неповрежденные подсемядольное колено (гипокотиль) и надсемядольное колено (эпикотиль) с нормальной верхушечной почечкой;
- две семядоли – у двудольных;
- первичные листочки, занимающие не менее половины длины колеоптиля, – у злаковых.

4.12. У культур, семена которых прорастают несколькими зародышевыми корешками (например, пшеница, рожь, тритикале, ячмень, овес), к числу нормально проросших относят семена, имеющие не менее двух нормально развитых корешков размером более длины семени и росток размером не менее половины его длины с просматривающимися первичными листочками, занимающими не менее половины длины колеоптиля. У ячменя и овса длину ростка учитывают по той его части, которая вышла за пределы цветковых чешуй.

4.13. У культур, семена которых прорастают одним корешком (например, горох, кукуруза, просо, капуста и т. д.), к числу нормально проросших относят семена, имеющие развитый главный зародышевый корешок размером более длины семени и сформировавшийся росток. При этом у культур, относящихся к двудольным растениям, кроме лекарственных, росток должен иметь семядоли и хорошо развитый неповрежденный гипокотиль (у видов, выносящих семядоли на поверхность) или эпикотиль с нормальной верхушечной почечкой (у видов, не выносящих семядоли на поверхность), а у относящихся к однодольным – росток должен быть размером не менее половины длины семени и иметь просматривающиеся в колеоптиле первичные листочки. У нормально проросших семян

подсолнечника и клещевины, кроме того, семядоли должны легко освобождаться от плодовой и семенной оболочек.

4.14. К нормально проросшим семенам относят также проростки с небольшими дефектами:

- с незначительным поверхностным повреждением основных органов проростка, не затрагивающим проводящие ткани;

- с поврежденным главным зародышевым корешком, но с достаточно развитыми несколькими придаточными или боковыми корешками у кукурузы, подсолнечника, всех видов мальвовых, тыквенных и крупносемянных бобовых;

- с одной семядолей или незначительным (не более $^1/_2$) повреждением верхних частей обеих семядолей, без повреждения верхушечной почечки у двудольных растений;

- с нормально развитыми органами, но загнившими в местах соприкосновения с больными проростками или семенами (вторичное заражение).

Примечание. Если вторичное заражение вызывает сомнение, анализ повторяют.

4.15. К не проросшим семенам относят:

- набухшие семена, которые к моменту окончательного учета всхожести не проросли, но имеют здоровый вид и при нажиме пинцетом не раздавливаются, и такие семена многолетних бобовых трав (без плодовых оболочек), у которых выдавливаются здоровые семядоли;

- твердые семена, которые к установленному сроку определения всхожести не набухли и не изменили внешнего вида.

4.16. К невсхожим семенам относят:

- загнившие семена с мягким разложившимся эндоспермом, почерневшим или загнившим зародышем и проростки с частично или полностью загнившими корешками, семядолями, почечкой, гипокотилем, эпикотилем;

- ненормально проросшие семена, имеющие одно из следующих нарушений в развитии проростков:

нет зародышевых корешков или их меньше установленной нормы, или они короткие, прекратившие рост, слабые, спирально закрученные, водянистые;

главный зародышевый корешок укороченный, со вздутиями, остановившийся в росте, длинный нитевидный, веретенообразный, имеет продольную трещину или повреждение, затрагивающее проводящие ткани, водянистый, раздвоенный, двойной (у конопли), сегментированный (например у подсолнечника, клещевины);

колеоптиль пустой, имеет трещину, короче листьев, деформированный, отсутствует;

первичные листочки занимают меньше половины колеоптиля или обесцвечены, раздроблены или продольно расщеплены, веретенообразные,

водянистые, обычно с короткими или прекратившими рост зародышевыми корешками;

почечка отсутствует или загнившая;

гипокотиль короткий и утолщенный, скрученный, изогнутый, водянистый, сегментированный, с перетяжкой или с открытой трещиной, затрагивающей проводящие ткани;

эпикотиль короткий и утолщенный, скрученный, с перетяжкой, с открытой трещиной, затрагивающей проводящие ткани;

обе семядоли утрачены более чем на $^{1}/_{3}$ или полностью, ненормально увеличены при укороченном колене; слабо развита семядоля у лука без выраженного «колена».

4.17. При определении энергии прорастания и всхожести семян учитывают также поражение семян плесневыми грибами. Средний процент пораженных семян определяют визуально по четырем пробам и устанавливают степень поражения в соответствии с таблицей 18.

Таблица 18. Степень поражения семян, %

Степень поражения семян	Семена, покрытые плесневыми грибами, %
Слабая	До 5
Средняя	До 25
Сильная	Более 25

4.18. Методы обработки свежеубранных и покоящихся семян для снятия состояния покоя (графа 8, таблица 16)

4.18.1. Предварительное охлаждение

Семена, помещенные на увлажненное ложе, выдерживают при пониженной температуре (от 5 до 10°С) в течение времени, указанного для учета энергии прорастания, а затем переносят их в температурные условия, предусмотренные в таблице 16. Энергию прорастания в этом случае определяют на 2 сут позже срока, установленного для определения этого показателя, или в срок, указанный в графе 6 таблицы 16. Если на день учета всхожести на ложе остаются набухшие семена, то срок проращивания продлевают до 3 сут.

4.18.2. Предварительное прогревание

Сухие семена, предназначенные для проращивания, прогревают в открытых бюксах или в чашках Петри в течение 5–7 сут при температуре 30–40 °С. Затем семена проращивают с использованием обычных методов, принятых в настоящем стандарте для соответствующей культуры.

4.18.3. Предварительная промывка семян

Перед проращиванием семена промывают водой комнатной температуры в течение 2–3 мин. Затем семена просушивают фильтровальной бумагой. Промытые и просушенные семена проращивают обычными методами.

4.18.4 Обработка семян раствором нитрата калия

Ложе для проращивания семян увлажняют 0,2%-ным водным раствором нитрата калия. При подсыхании ложа в период проращивания его увлажняют водой.

4.18.5. Обработка семян раствором гиббереллина (ГК)

Ложе для проращивания семян увлажняют водным раствором гиббереллина, содержащим в зависимости от состояния покоя семян от 200 до 1000 мг гиббереллина в 1 дм.

Для приготовления раствора нужной концентрации соответствующее количество гиббереллина растворяют в 2–5 см спирта, а затем доливают дистиллированную воду.

4.18.6. Проращивание при пониженной температуре

Семена проращивают при постоянной пониженной температуре 10; 15 °С. При замедленном прорастании срок учета энергии прорастания и всхожести следует продлить сверх установленного до 5 сут.

4.18.7. Проращивание на свету – по п. 4.5.

4.19. Особенности определения всхожести семян отдельных культур

4.19.1. Зерновые культуры

Для определения всхожести семян полбы отсчитывают подряд колоски и отдельные зерновки. Колоски закладывают на проращивание, не освобождая зерновки от пленок. Энергию прорастания и всхожесть определяют по числу проросших колосков и отдельных зерновок.

4.19.2. Технические культуры

Двойной плодик кориандра и подсолнечника при определении всхожести считают за один.

Семена аниса, шалфея мускатного, тмина, фенхеля проращивают между слоями фильтровальной бумаги с постоянной подачей воды. Семена подсолнечника при посеве на песок заделывают острым концом вниз, а семена клещевины – карункулой вниз и вдавливают на глубину, равную их длине. Также раскладывают семена этих культур при проращивании в рулонах фильтровальной бумаги. Семена арахиса перед посевом очищают от плодовой оболочки.

4.19.3. Овощные культуры

Пробы (4 по 100 клубочков) из некалиброванных и недражированных семян свеклы отсчитывают после разделения навесок на фракции по крупности в соответствии с методом, принятым для определения чистоты по ГОСТ 12037. Затем из отдельных фракций в каждую пробу отбирают такое количество клубочков, которое соответствует процентному содержанию в навеске выделенных фракций.

У свеклы проводят предварительный подсчет проросших семян на третьи сутки.

Всхожими считают клубочки, у которых хотя бы одно семя нормально проросло.

Проращивание дражированных семян лука, капусты, свеклы, моркови, томатов и цикория проводят в растильнях на гофрированной бумаге,

увлажненной водой в количестве, равном суммарной массе бумаги и высеваемых на нее 100 шт. драже. Посев проводят через 5–10 мин после увлажнения.

При выделении проб для анализа двойные семена моркови, сельдерея, петрушки, укропа и других зонтичных, из которых одно семя нормальное, а другое щуплое, считают за одно. Если в двойных семенах выполнены оба семени, то их считают за два и разъединяют. Сросшиеся плоды шпината тоже разъединяют.

Семена кормового арбуза при плохом прорастании предварительно вымачивают в течение 3 сут в воде, налитой на 1 см выше слоя семян.

Семена арбуза, кабачка, тыквы при посеве на песок раскладывают вручную зародышем вниз и трамбовкой вдавливают в песок на глубину, равную их длине. Семена арбуза при проращивании в рулонах раскладывают зародышем вниз.

Семена катрана степного закладывают на проращивание очищенными от плодовой оболочки (околоплодника). Оболочка плода-стручка удаляется у сухих семян.

Фильтровальную бумагу перед проращиванием увлажняют 0,005%-ным водным раствором гиббереллина (50 мг на 1 дм). В течение всего периода проращивания увлажняют ложе тем же раствором, сохраняя его в холодильнике при 10 °С.

Семена катрана проращивают в темноте. Температура проращивания в 1-е сутки – 20 или 25 °С, остальное время – 10 °С. Учет энергии прорастания на 10-е сутки, всхожести – на 25-е сутки.

4.19.4. Лекарственные культуры

Перед проращиванием семена астрагала шерстистоцветкового помещают в стеклянную посуду, заливают 30 см концентрированной (96%-ной) серной кислоты на 30 мин. Затем семена промывают в проточной воде до полного удаления кислоты (проба по лакмусовой бумаге) и подсушивают до сыпучести.

При определении всхожести семян алтея лекарственного, кассии остролистной, стальника полевого, подорожника большого за четыре дня до окончания срока определения всхожести твердые семена надрезают острым ланцетом со стороны, противоположной корешку, и оставляют на ложе до конца проращивания. Все проросшие семена из числа надрезанных прибавляют к числу ранее проросших.

Процент проросших твердых семян в документе о качестве семян указывают отдельно.

Семена живокости высокой закладывают на проращивание после стратификации в течение 15–30 сут, полыни цитварной – 20 сут. Семена стратифицируют во влажном песке при температуре 1–5 °С.

Двойные семена амми большой и зубной, из которых одно семя нормальное, а второе щуплое, считают за одно. Если оба семени нормальные, то их считают за два и при отсчете на всхожесть разъединяют.

Семена секуринеги полукустарниковой должны поступать на анализ очищенными от плодовой оболочки. Если к сроку определения всхожести на ложе остается значительное количество набухших семян, то всхожесть их определяют повторно. При этом семена предварительно прогревают при 40 °С в течение пяти-шести дней.

В документе о качестве семян указывают всхожесть прогретых и непрогретых семян.

Всхожесть семян крестовника определяют через 4–5 мес. после уборки.

Семена эфедры хвощевой закладывают на проращивание очищенными от плодовой мякоти. Семена девясила высокого и бессмертника песчаного считают нормально проросшими при длине корешка не менее $^1/_4$ длины семени.

4.19.5 Кормовые травы

Для определения всхожести семян эспарцета отсчитывают подряд плодики и семена без плодовой оболочки. Все непроросшие плодики вскрывают для установления количества твердых семян.

Всхожесть семян мятлика в течение 3 мес. после уборки, тетраплоидных сортов клевера в течение месяца после уборки следует определять в соответствии с условиями, указанными в графе 8 таблицы 16. При отсчете семян бекмании двойной плодик считают за один.

Семена марального корня (левзеи сафлоровидной) до определения всхожести выдерживают во влажном песке при температуре от 5 до 10 °С в течение 20 сут.

5. Обработка результатов

5.1. Всхожесть и энергию прорастания семян вычисляют в процентах

За результат анализа принимают среднеарифметическое результатов определения всхожести всех проанализированных проб, если при определении всхожести семян по четырем пробам отклонения результатов анализа отдельных проб от среднеарифметического значения не превышают указанные в таблицах 19 или 20, а в случае определения всхожести по двум пробам – расхождение результатов анализа двух проб не превышает указанное в таблице 19.

Таблица 19. Допустимое отклонение результатов анализа отдельных проб от среднего 4х100 семян, %

Среднеарифметическое значение всхожести, %	Допустимое отклонение результатов анализа отдельных проб от среднего для анализа 4х100 семян, %
99 или 1	-2
От 97 до 98 или от 2 до 3	±3
От 95 до 96 или от 4 до 5	±4
От 92 до 94 или от 6 до 8	±5
От 88 до 91 или от 9 до 12	±6
От 83 до 87 или от 13 до 17	±7
От 75 до 82 или от 18 до 25	±8
От 62 до 74 или от 26 до 38	±9
От 39 до 61	±10

Таблица 20. Допустимое отклонение результатов анализа отдельных проб от среднего 4х50 семян, %

Среднеарифметическое значение всхожести, %	Допустимое отклонение результатов анализа отдельных проб от среднего для анализа 4х50 семян, %	Допустимое расхождение между результатами анализа двух проб, %
99 или 1	-2	2
98 или 2	±4	4
97 или 3	±5	5
От 95 до 96 или от 4 до 5	±6	6
От 93 до 94 или от 6 до 7	±7	7
От 90 до 92 или от 8 до 10	±8	8
От 88 до 89 или от 11 до 12	±9	9
От 84 до 87 или от 13 до 16	±10	10
От 79 до 83 или от 17 до 21	±11	11
От 74 до 78 или от 22 до 26	±12	12
От 65 до 73 или от 27 до 35	±13	13
От 36 до 64	±14	14

Перед вычислением всхожести кормовых бобовых трав, вики и люпина к нормально проросшим прибавляют все твердые семена.

5.2. При проведении анализа по четырем пробам и отклонении всхожести семян одной из четырех проб от среднеарифметического значения на величину, большую, чем допускаемое отклонение, всхожесть и энергию прорастания вычисляют по результатам анализа трех остальных проб, а при отклонении выше допускаемого результатов анализа двух проб – анализ повторяют. Если при повторном проращивании семян за пределы допускаемых отклонений выходят результаты анализа двух проб или всхожесть оказалась ниже нормы, установленной стандартом, то всхожесть и энергию прорастания вычисляют как среднеарифметическое значение двух определений, т. е. по восьми пробам.

5.3. Посевную годность семян (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = \frac{A \cdot Б}{100}, \qquad (13)$$

где A – семена основной культуры, %; $Б$ – всхожесть семян, %.

Результат округляют до целого числа. Посевную годность смесей семян не вычисляют.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику прямым и косвенным методам оценки холодостойкости растений.
2. Какие этапы включает подготовка проб для определения всхожести семян?
3. Дайте характеристику методам проращивания семян при определении всхожести.
4. Дайте характеристику этапам проведения анализа по проращиванию семян в различных условиях.

5. Сущность методики обработки результатов проведения опытов по определению всхожести и энергии прорастания семян.

2.8. Определение жизнеспособности озимых по уровню электропроводности тканей узлов кущения у озимых культур

Цель занятия. Формирование знаний о методах определения жизнеспособности сельскохозяйственных растений.

Задание. На практическом занятии студенту необходимо выполнить следующие задания.

1. Изучить теоретический материал темы:

- явление электропроводности;
- кондуктометрический метод анализа жизнеспособности озимых культур;
- критерии оценки результатов анализов.

2. В соответствии с методическими указаниями:

- по предложенным образцам провести анализ результатов оценки содержания сахаров в надземной части и корня растений озимого рапса и озимой пшеницы по шкале (таблица 21).

Таблица 21. Степень закалки и критерии оценки содержания сахаров надземной части и корнях озимых культур

Степень закалки	Содержание сахаров, % на абсолютно сухое вещество			
	озимый рапс		озимая пшеница	
	надземная часть растений	корни растений	надземная часть растений	корни растений
Низкая	До 20	До 25	До 18,0	До 20
Средняя	20–25	25–30	18–20	20–25
Высокая	Более 25	Более 30	Более 20	Более 25

Методические указания

Для определения запаса сахаров в растениях озимых культур используется кондуктометрический метод определения жизнеспособности озимых по уровню электропроводности тканей узлов кущения у озимой пшеницы и озимого рапса. Этот метод позволяет быстро оценить состояние и жизнеспособность растений в любую фазу развития.

Кондуктометрическое титрование проводят следующим образом. Переносят аликвотную часть раствора в стакан, снабженный платиновыми электродами и электрической (или магнитной) мешалкой. Прибавляют воду в количестве, достаточном для покрытия электродов, включают мешалку и записывают отсчет электропроводности. Приливают из бюретки от половины до двух третей требуемого объема реактива (объем определяют при предварительном грубом титровании) и измеряют электрическую проводимость. Затем прибавляют реактив небольшими порциями, берут еще четыре-пять отсчетов электропроводности до точки эквивалентности и столько же после нее. По полученным данным строят график и производят расчеты.

Электропроводность определяется в 1 см отрезках корневых шеек озимого рапса или узлов кущения озимой пшеницы: 0,5 г тканей растений заливают 50 мл дистиллированной воды и через четыре часа в вытяжке из растительных тканей определяют количество вышедших электролитов. После чего вытяжку с частями растений кипятят до полного выхода электролитов и рассчитывают относительную электропроводность.

Величина относительной электропроводности показывает степень повреждения клеток и может служить критерием состояния и жизнеспособности озимых. Она определяется в любую фаза развития как соотношение величины выхода электролита до кипячения к его выходу после кипячения и выражается в процентах. Высокая удельная электропроводность является свидетельством отмирания тканей растений, электролиты покидают отмершие клетки. Измеряется удельная электропроводность в микросименсах на 1 см – мкСм/см.

По установленной градации степень повреждения растений озимых культур оценивается следующим образом:

- *относительная электропроводность до 10 %* – хорошее состояние, растения практически не повреждены (нарушается проницаемость клеточных стенок, из клеток в межтканевое пространство выходит незначительное количество электролитов) или отмечается незначительное повреждение листовых пластинок, возможно красновато-фиолетовое окрашивание листьев у озимой пшеницы. При возвращении заморозков весной в минус 7–8 ºС растения останутся живыми;

- *относительная электропроводность 10,1–30 %* – средне (удовлетворительное) состояние растений, растения имеют начальную стадию разрушения тканей и находятся в группе риска (клетки растений разрушены на 30 % что свидетельствует о неполной гибели растений, возможности отрастания отдельных побегов). При возвращении заморозков минус 7–8 ºС растения могут погибнуть;

- относительная электропроводность более 30 % – неудовлетворительное состояние растения имеют сильное разрушение тканей, возможна их полная гибель. Поля подлежат пересеву.

Контрольные вопросы

1. Что такое электропроводность?
2. На чем основывается кондуктометрический метод анализа жизнеспособности озимых культур?
3. Какие существуют критерии оценки результатов анализов?

3. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основная литература

1. Юсов, А. И. Методы агрохимических исследований: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся в бакалавриате по направлениям подготовки 35.03.03. Агрохимия и агропочвоведение, 05.03.06. Экология и природопользование /А. И. Юсов, О. М. Бедарева, Т. Н. Троян. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 112 с.

2. Юсов, А. И. Методы агрохимических исследований: учебно-методическое пособие по практическим занятиям для студентов высших учебных заведений, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 35.03.03. Агрохимия и агропочвоведение / А. И. Юсов, О. М. Бедарева, Т. Н. Троян. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 121 с.

3. Юсов, А. И. Агрохимическая оценка почв: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 110101.65 Агрохимия и агропочвоведение; 110201.65 Агрохимия / А. И. Юсов. – Калининград: КГТУ, 2011. – 284 с.

4. Агрохимическое обследование и мониторинг почвенного плодородия [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. В. Агеев, Л. С. Горбатко, А. И. Подколзин, О. Ю. Лобанкова. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2012. – 352 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).

Дополнительная литература

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

2. Банкин, М. П. Физико-химические методы в агрохимии и биологии почв: учеб. пособие / М. П. Банкин, Т. А. Банкина, Л. П. Коробейникова. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2005. – 176 с.

3. Пискунов, А. С. Методы агрохимических исследований: учеб. пособие / А. С. Пискунов. – Москва: КолосС, 2004. – 312 с.

4. Практикум по агрохимии: учеб. пособие / под ред. В. В. Кидин. – Москва: КолосС, 2008. – 599 с.

5. Практикум по агрохимии: учеб. пособие / под ред. И. Р. Вильдфлуша, С. П. Кукреша. – Минск: Ураджай, 1998. – 270 с.

6. Учебное пособие по экологической агрохимии [Электронный ресурс] / О. Ю. Лобанкова, А. Н. Есаулко, В. В. Агеев [и др.]; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: Агрус, 2014. – 173 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).

Учебно-методические пособия, нормативная литература

1. Уманский, А. С. Агрохимия: учеб.-метод. пособие по лаборатор. работ для студентов бакалавриата по направлению подгот. Агрохимия и

агропочвоведение / А. С. Уманский, В. В. Жуков; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2015. – 84 с.

2. Агрохимический анализ почвы: учеб.-метод. пособие / В. Д. Зеликов, Н. Г. Шишкина, Е. В. Кузнецов. – 2-е изд., испр. – Москва: ГОУ ВПО МГУЛ, 2004. – 33 с.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ

Особенность курса заключается не только в его теоретической, но и практической направленности. Методическая модель преподавания дисциплины основана на проведении еженедельного контроля текущей успеваемости обучающегося.

К текущей аттестации относится **защита практической работы.**

Всего запланировано восемь текущих аттестаций при изучении дисциплины.

При подготовке к текущей аттестации рекомендуется повторить лекционный материал по соответствующей тематике практического занятия.

К защите следует представлять практические работы, оформленные в полном соответствии с заданиями практического занятия. Выполнять задания следует придерживаясь алгоритма решения, представленного в учебно-методическом пособии к практическим работам.

Оценка «**Зачтено**» является экспертной и зависит от уровня освоения студентом практического материала (таблица 22).

Таблица 22. Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок / Критерий	**2**	**3**	**4**	**5**
	0–40 %	**41–60 %**	**61–80 %**	**81-100 %**
	«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. 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

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

Для успешного прохождения текущей аттестации студенту следует ответить на контрольные вопросы, представленные в конце каждой практической работы. В случае, если студент не смог дать полный и верный ответ, преподаватель может задать дополнительные вопросы

Для прохождения текущей аттестации студент должен показать набор знаний, необходимых для системного взгляда на изучаемый объект и в состоянии решить поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юсов, А. И. Методы агрохимических исследований: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся в бакалавриате по направлениям подготовки 35.03.03. Агрохимия и агропочвоведение, 05.03.06. Экология и природопользование / А. И. Юсов, О. М. Бедарева, Т. Н. Троян. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 112 с.

2. Юсов, А. И. Методы агрохимических исследований: учебно-методическое пособие по практическим занятиям для студентов высших учебных заведений, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 35.03.03. Агрохимия и агропочвоведение / А. И. Юсов, О. М. Бедарева, Т. Н. Троян. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 121 с.

3. Юсов, А. И. Агрохимическая оценка почв: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 110101.65 Агрохимия и агропочвоведение; 110201.65 Агрохимия / А. И. Юсов. – Калининград: КГТУ, 2011. – 284 с.

Локальный электронный методический материал

Александр Иванович Юсов

МЕТОДЫ АГРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Редактор Е. Билко

Локальное электронное издание
Уч.-изд. л. 5,3. Печ. л. 4,3

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