

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

С. А. Фокин

*АГРОХИМИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ*

Практикум

Благовещенск
Дальневосточный ГАУ
2021

УДК 631.8(075.8)
ББК 40.4
Ф75

Рецензент – Ольга Александровна Селихова,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
декан факультета агрономии и экологии
Дальневосточного государственного аграрного университета

Рекомендовано к использованию в учебном процессе
методическим советом факультета агрономии и экологии
Дальневосточного государственного аграрного университета

Фокин, Сергей Алексеевич.

Ф75 Агрохимические методы исследований : практикум / С. А. Фокин ;
Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск : Дальне-восточный ГАУ,
2021. – 175 [1] с.

ISBN 978–5–9642–0525–8

В учебно-методическом пособии сформулированы общие принципы и этапы планирования полевых опытов с удобрениями и требования к их качеству. Рассмотрены основные элементы методики полевого опыта (число вариантов, повторность и повторение, площадь, направление и форма делянок), а также современные принципы планирования наблюдений и учётов. Большое внимание уделено таким вопросам, как организация опыта на территории, разбивка опытного участка, требования и техника выполнения различных видов полевых работ, способы уборки и методы учёта урожая. Рассмотрены сущность и задачи математической статистики в агрохимических исследованиях, применение наиболее распространённых статистических методов обработки опытных данных в агрохимии. Изложены основы комплексного агрохимического обследования.

Учебно-методическое пособие предназначено для обучающихся высших учебных заведений по агрономическим направлениям, всех форм обучения.

УДК 631.8(075.8)
ББК 40.4

ISBN 978–5–9642–0525–8 © Фокин С. А., 2021
© ФГБОУ ВО «Дальневосточный
государственный аграрный университет», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел 1. Полевой метод исследования	5
Занятие 1. Основные этапы планирования полевого опыта	5
Занятие 2. Выбор и подготовка участка для опыта	10
Занятие 3. Основные элементы методики полевого опыта	13
Занятие 4. Техника закладки и проведения полевого опыта	23
Занятие 4.1. Разбивка опытного участка	23
Занятие 4.2. Полевые работы на опытном участке	26
Занятие 4.3. Подготовка и внесение удобрений	27
Занятие 4.4. Посев и посадка	30
Занятие 4.5. Уход за растениями и опытным участком	31
Занятие 4.6. Наблюдения и учёты в период вегетации	35
Занятие 4.7. Учёт урожая	46
Занятие 4.8. Документация и отчётность по научному исследованию	53
Раздел 2. Основы статистической обработки результатов исследований	58
Занятие 1. Сущность и алгоритм дисперсионного анализа	58
Занятие 2. Дисперсионный анализ результатов опыта	62
Занятие 3. Статистическая обработка результатов полевого опыта методом дисперсионного анализа в изложении В. Н. Перегудова и Б. А. Доспехова	69
Занятие 4. Корреляция и регрессия в агрохимических исследованиях	78
Занятие 5. Множественная линейная корреляция и регрессия	84
Раздел 3. Комплексное агрохимическое обследование почв	90
Занятие 1. Цели и задачи агрохимического обследования	90
Занятие 2. Подготовка картографической основы и проведение полевых работ	93
Занятие 3. Токсикологическое обследование	99
Занятие 4. Радиологическое обследование	102
Занятие 5. Паспортизация полей	103

Занятие 6. Составление сводных ведомостей и обобщение результатов комплексного агрохимического обследования	109
Глоссарий	111
Список рекомендуемой литературы.....	118
Приложение А Примерные темы научных исследований	119
Приложение Б Требования к оформлению реферата	121
Приложение В Индивидуальные задания к занятию 4.7 раздела 1 для расчёта урожайности.....	125
Приложение Г Задания для самоконтроля и оценки уровня усвоения знаний по разделу 1	129
Приложение Д Индивидуальные задания к занятиям 2–3 раздела 2	150
Приложение Е Таблица величин F для вероятности 95 % для различных степеней свободы большего ν_1 и меньшего ν_2 квадрата рассеяния.....	155
Приложение Ж Таблица величин F для вероятности 99 % для различных степеней свободы большего ν_1 и меньшего ν_2 квадрата рассеяния.....	156
Приложение И Стандартные значения критерия достоверности (t-критерий Стьюдента).....	157
Приложение К Индивидуальные задания к занятию 4 раздела 2 для проведения корреляционного и регрессионного анализа	158
Приложение Л Банк данных земельных участков землепользования	163
Приложение М Паспортная ведомость	164
Приложение Н Полевая ведомость комплексного агрохимического обследования.....	165
Приложение П Примеры картограмм	166
Приложение Р Индивидуальные задания к занятию 5 раздела 3 для составления агрохимических картограмм	170

РАЗДЕЛ 1. ПОЛЕВОЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Занятие 1. Основные этапы планирования полевого опыта

Теоретические сведения. Научные исследования, осуществляемые методом полевого опыта, включают три основных этапа: 1) планирование; 2) закладка, проведение полевых опытов, наблюдений и учётов; 3) обработка и обобщение полученных данных.

Планирование исследования – самая ответственная и трудная часть работы, которая включает: выбор темы, определение цели, задач и объекта исследования; изучение и критический анализ истории современного состояния вопроса; создание рабочей гипотезы; составление программы и методики исследования.

Выбор темы, определение цели, задач и объекта исследования. Вопросы, которые следует изучать, очень много. Однако из них нужно выделить более важные и перспективные. Один из источников тем для исследования – заказы сельскохозяйственного производства.

Наиболее важными из них являются повышение урожайности сельскохозяйственных культур, путём изучения эффективности действия основных видов удобрений при выращивании различных культур и разработка оптимальных доз и соотношений удобрений для культур в различных условиях возделывания. Имеют большое значение и требуют разработки такие вопросы, как изучение форм, доз макро- и микроудобрений, сроков, способов их внесения на разных почвах при выращивании различных культур.

Темой для опыта может быть и экспериментальная проверка какого-нибудь ранее проведённого исследования, но на новом материале с применением новых методов исследования.

Тема исследования должна быть определённой, чётко сформулированной, соответствовать сущности исследования и отвечать потребностям

производства настоящего и будущего. Например, изучение влияния микроудобрений на продуктивность и качество зерна кукурузы.

Необходимо чётко сформулировать цель исследования, построить логическую модель изучаемого явления и правильно выбрать стратегию, которая определит методы и приемы исследования. Многие неудачи в опытном деле вызваны не столько ошибками в методике и технике закладки опыта, сколько в неумении точно сформулировать цель и задачи опыта и, исходя из них, построить правильную схему опыта.

Цель исследования – должна быть сформулирована одним предложением, независимо от объёма и сложности исследований. Например, определить оптимальные дозы микроудобрений под кукурузу на зерно.

Задачи исследования – должны отражать сопутствующие наблюдения, обеспечивающие достижения цели исследования. Например, 1) определить влияние микроудобрений на площадь листьев; 2) определить влияние микроудобрений на урожайность кукурузы и т. д.

Задание 1.1. Определиться с выбором темы (приложение А), целью, задачами и объектом исследования.

Изучение литературы. Следующий этап планирования – изучение литературы по избранной проблеме. Для того чтобы изучаемые вопросы не дублировались, не повторялись, необходимо изучить литературу по данному вопросу, причём не только отечественную, но и зарубежную, обращая основное внимание на монографии, журнальные статьи, научные сборники и т. д. Знание литературы по данному вопросу даёт возможность создать рабочую гипотезу, разработать программу и методику исследования.

Задание 1.2. Изучить литературные источники по теме исследований (не менее 10 источников, включая иностранные), написать реферат и

составить список литературных источников. Требования к написанию представлены в приложении Б.

Создание рабочей гипотезы. Рабочая гипотеза – это научное предположение о развитии явлений, на котором основывается объяснение ожидаемых в поставленном опыте результатов. Рабочая гипотеза служит отправным пунктом для составления схемы будущих опытов и программы исследований. Она должна соответствовать общим теоретическим предпосылкам и научным данным, для объяснения которых она выдвигается; быть применимой к широкому кругу явлений, обладать логической простотой и принципиальной способностью проверяться.

Задание 1.3. Создать рабочую гипотезу по теме исследований и согласно поставленных задач.

Рабочая программа. В программе намечают способы проверки рабочей гипотезы. Рабочая программа – это проект намеченного пути эксперимента, в котором указаны схемы опытов, условия проведения опытов и наблюдений, методика и основные элементы техники закладки и проведения эксперимента, перечень наблюдений. Следует иметь в виду, что в процессе работы программу обычно дополняют или частично изменяют, так как предвидеть все детали будущего исследования невозможно.

Наиболее сложный вопрос при составлении рабочей программы – это построение схемы и методики опыта, выбор полевых и лабораторных наблюдений (анализов) и учётов для оценки и объяснения действия изучаемых факторов.

Планирование схем однофакторных опытов. К однофакторным относят опыты, в которых изучают действие одного фактора на неизменном, по-

стоянном агротехническом фоне при строгом соблюдении принципа единственного различия. При планировании схем однофакторных опытов, которые каждый год закладывают на новых земельных участках, следует учитывать характер различий изучаемых вариантов, которые могут быть либо качественными, либо количественными.

Примерами опытов с качественным характером различий вариантов могут служить опыты сравнительной оценки сортов сельскохозяйственных культур, предшественников, способов обработки почвы и способов посева семян, разных форм удобрений, пестицидов и др. Примерами опытов с количественными градациями изучаемых факторов являются опыты с изучением разных доз удобрений, нормами полива, глубиной обработки почвы, глубиной заделки семян и т. д.

При разработке схем однофакторных опытов с качественным характером различий вариантов необходимо выдерживать принцип единственного различия, правильно выбрать контрольный вариант (стандарт) и определять сопутствующие (не изучаемые в опыте) оптимальные агротехнические условия эксперимента (фон). В однофакторных опытах с различными видами удобрений контрольным вариантом служит вариант без удобрений (абсолютный контроль).

В опытах по изучению доз, форм, сроков и способов внесения удобрений контрольными являются варианты без удобрения (абсолютный контроль) и фоновый, то есть вариант, на фоне которого изучают удобрения. Кроме того, в опытах по изучению сроков и способов внесения удобрений вариантом сравнения может быть стандартный вариант, который хорошо изучен и широко применяется в производстве.

Планирование схем многофакторных опытов. *Для сельскохозяйственной практики большое значение имеют многофакторные опыты, в которых изучают действие и взаимодействие двух и более факторов.*

При разработке схем многофакторных полевых опытов нужно стремиться к тому, чтобы число вариантов было минимальным, но при этом они должны давать исчерпывающий ответ на поставленный экспериментатором вопрос. В многофакторных опытах с удобрениями, которые изучают на фоне нескольких агротехнических приёмов (известкование, приёмы обработки почвы, совместное применение минеральных и органических удобрений) контрольных вариантов может быть несколько.

При закладке и проведении многофакторных опытов с удобрениями необходимо соблюдать общие требования, которые предъявляют к полевым опытам. В большинстве случаев многофакторные опыты длительные, и эффективность удобрений изучается не на одной культуре, а на ряде культур в звене севооборота или за ротацию.

В длительных многофакторных опытах изучают факторы, представляющие собой не отдельные приёмы, а их систему, в которой они по-разному чередуются во времени. В тех случаях, когда факторы представляют систему удобрения, систему обработки почвы и т. д., каждый отдельный приём влечёт за собой изменения других технологических приёмов.

Задание 1.4. Составить рабочую программу исследований, в которой указать схему опыта, перечень наблюдений и учётов.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные этапы научных исследований, осуществляемые методом полевого опыта.
2. Из чего состоит планирование исследований?
3. Какой должна быть тема исследования?
4. Что такое рабочая гипотеза?
5. Что такое рабочая программа исследований?

Занятие 2. Выбор и подготовка участка для опыта

Теоретические сведения. При выборе участка для закладки полевого опыта необходимо стремиться к тому, чтобы были обеспечены типичность, соблюдение принципа единственного различия, точность и достоверность результатов.

Участок для полевого опыта по рельефу, почвенным условиям (генезису, морфологии, свойствам почвы) и предшествующей истории должен быть однородным, типичным для района, зоны.

Рельеф. Участок должен быть ровным. Допускается односторонний склон небольшой крутизны: от одного до 2,5 м на 100 м длины. Участки с более крутыми склонами непригодны для полевых опытов с удобрениями, так как на них может иметь место смыв удобрений и почвы. При расположении опытного участка на склоне, деланки располагают длинными сторонами вдоль склона. На участке не должно быть понижений (воронок, западин, блюдце), бугров, свальных и развальных борозд и др.

Почва. Чтобы опытный участок разместить на типичной для данного района или зоны почвенной разновидности, необходимо иметь его точную почвенную характеристику.

Почвенное обследование опытного участка может иметь двоякую цель:

- 1) дать почвенную характеристику участка в целом для того, чтобы сделать возможным перенесение результатов опыта на сходные почвы;
- 2) выявить границы отдельных почвенных разновидностей на участке, чтобы наилучшим образом расположить опыт.

Почвенная характеристика обязательна не только в условиях опытного поля, но и при постановке опытов в условиях производства. Результаты, полученные в таких опытах, теряют свою ценность, если неизвестны почва и её характеристики.

Для полной характеристики почв опытного участка проводят необходимые химические анализы. Определяют гранулометрический состав, содержание гумуса, кислотность, поглонительную способность почвы, содержание подвижных форм основных питательных веществ. Эти показатели необходимы при проведении опытов с удобрениями для выявления однородности почвенных условий.

Предшествующая история участка. Для соблюдения принципа единственного различия и типичности опыта необходимо до его закладки детально изучить историю участка: севооборот, систему обработки и особенно применение органических и минеральных удобрений. Важную роль играет строгая однородность в проведении таких приёмов агротехники, которые резко изменяют плодородие почвы и обладают длительным последствием. К ним относят: известкование и гипсование, внесение органических удобрений, применение повышенных доз минеральных удобрений, особенно фосфорных, посевы многолетних бобовых трав и т. д. При наличии сведений о применении одного из этих приёмов только на какой-то части участка нельзя его использовать под закладку опыта.

На точность результатов опыта значительно влияет и неравномерная засоренность участка, особенно злостными сорняками (осот, пырей и др.). Такие участки могут быть использованы для опытов только после уничтожения сорняков.

При изучении истории участка следует обратить внимание на случайные факторы, которые могут нарушить его однородность и снизить точность опыта. На участке не должно быть следов земляных работ, засыпанных ям, канав, воронок от снарядов и бомб, раскорчёвок и пней, остатков строений, стоянок скота, мест вывозки и хранения органических удобрений и т. д. Участок должен находиться на расстоянии не менее 200 м от водоемов, 40–50 м от леса и построек, 10–20 м от проезжих дорог.

Подготовка участка. Специальную подготовку участка для постановки опытов обычно проводят только в условиях стационарного опытного поля. Подготовка участка включает выравнивание плодородия при помощи уравнительных посевов и изучение пестроты почвенного плодородия путём рекогносцировочных, или разведочных, посевов.

В районах избыточного увлажнения при подготовке участков под опыт необходимо их осушение при помощи открытых канав или закрытого дренажа. Устройство осушительной системы должно быть увязано с предполагаемой величиной, формой и направлением демянков, чтобы избежать влияния дрен и канав на отдельных демянках. При осушении открытыми канавами демянки следует располагать так, чтобы они примыкали к канавам узкими концами. Специальной подготовки требуют и раскорчеванные участки из-под леса.

Задание 1.5. Дать характеристику участка, подобранного под полевой опыт с удобрениями (по данным карт землепользования хозяйства и агрохимических картограмм, выданных преподавателем).

Вопросы для самоконтроля

1. По каким показателям подбирается опытный участок?
2. Какие требования предъявляют к рельефу опытного участка?
3. Какие требования предъявляют к почве опытного участка?
4. Назовите работы при подготовке участка под опыты.

Занятие 3. Основные элементы методики полевого опыта

Теоретические сведения. Методика полевого опыта, то есть совокупность слагающих её элементов, включает число вариантов, площадь делянок, их форму и направление, повторность, систему размещения повторений делянок и вариантов на территории, метод учёта урожая и организацию опыта во времени. *Правильное сочетание всех элементов методики обеспечивает максимальную точность и типичность опыта.*

Основная задача правильного сочетания основных элементов методики – возможное уменьшение различий в исходном плодородии сравниваемых делянок, вызванных пестротой участка. Для правильного выбора методики опыта необходимо ознакомиться с влиянием каждого элемента методики на точность полевого опыта.

Число вариантов. Вариант – одна делянка опыта, на которой изучается какой-либо вид удобрения, его доза, срок и способ или агротехнический приём. Различают опытные, контрольные и стандартные (фоновые) варианты.

Опытным называют вариант, действие которого изучают в опыте.

Контрольным называют вариант, с которым сравнивают все остальные варианты данного опыта и оценивают эффективность изучаемых приёмов или их комбинаций.

В простейшем случае под контрольным понимается вариант, в котором не применяли ни один из изучаемых в опыте приёмов (нулевой вариант). Нулевой вариант может называться абсолютным контролем или просто контролем. Например, при изучении эффективности азотных удобрений вариант без удобрения (0) будет называться абсолютным контролем, тогда как вариант (РК), не включающий азот, просто контролем.

Стандартным (фоновым) вариантом называют дозы удобрений, способы и приёмы их внесения. Например, в опытах с дозами удобрений под какую-либо сельскохозяйственную культуру стандартом служит рекомендуемая доза минерального удобрения под данную культуру в регионе.

В схеме число вариантов зависит от темы опыта и определяется задачами, которые в нём решают. В схеме опыта вариантов может быть не менее двух – трёх (однофакторные опыты) и не более 10–15 (многофакторные опыты).

С увеличением числа вариантов возрастает количество делянок, следовательно, и общая площадь опытного участка. Это ведёт к усилению пестроты плодородия. Если площадь участка ограничена, при увеличении числа вариантов и соответственно числа делянок в опыте приходится уменьшать размер делянки. Всё это увеличивает ошибку опыта.

Число контролей. В схеме опыта может быть не один контроль, а два и более. Например, при изучении доз минеральных удобрений в качестве контроля берут ту дозу, которую применяли в хозяйстве или регионе до постановки данного опыта, – это так называемый производственный контроль; второй контрольный вариант – без минеральных удобрений.

Если дозы минеральных удобрений изучают на фоне органических, то здесь возможно наличие трёх контролей: 1) дозы минеральных удобрений, используемые в хозяйстве или регионе (производственный контроль); 2) без минеральных удобрений (абсолютный контроль); 3) органические удобрения без минеральных (фоновый контроль).

Весьма важный элемент методики полевого опыта – частота контролей. В каждое повторение схемы опыта можно включать либо одну контрольную делянку, либо несколько. Введение в опыт повышенного по сравнению с остальными вариантами числа контролей необходимо для более полного охвата пестроты участка и для того, чтобы дать более надёжный масштаб для сравнения остальных вариантов. Иногда некоторые делянки выпадают по случайным

причинам – потравы, наезды транспорта, хищения и др. При выпадении делянок с контрольными вариантами, а число оставшихся недостаточно для вычисления точных значений средних арифметических, обесценивается весь опыт. Для обеспечения надёжной точности опыта число контрольных делянок должно быть больше, чем число повторений в опыте.

Задание 1.6. Определить число вариантов в схеме полевого опыта с удобрениями. Разработать схему опыта с контрольным и стандартным (фоновым) вариантом.

Площадь делянки. Полевые опыты ставят на делянках, имеющих определённые размер и форму. Величина делянки в большей степени зависит от задач опыта, условий его проведения, возделываемой культуры. На величину делянки влияют продолжительность опыта (в многолетних опытах площадь делянки больше, чем в однолетних), биологические особенности и агротехнические условия изучаемых растений и т. д.

В полевых опытах с удобрениями целесообразно проектировать размер опытной делянки, допускающей проведение всех полевых работ с максимальной механизацией, включая и уборку урожая. В конечном итоге, необходимая площадь одной опытной делянки может быть определена, как оптимальная, минимальная. В практике опытного дела наиболее широко используются делянки размером 50–200 м², на первоначальных этапах исследования 10–50 м². Опытные делянки меньше 10 м² обычно применяются в микрополевых опытах.

На опытной делянке необходимо иметь достаточное число растений, чтобы можно было сгладить индивидуальные различия в их развитии. Для культур сплошного сева (пшеница, ячмень, овес и др.), которые имеют сотни растений на один квадратный метр, площадь опытной делянки может быть 40–

60 м², в сортоиспытании 25–50 м². При изучении пропашных культур (кукуруза, картофель и др.), число растений на один квадратный метр определяется единицами, поэтому учётная площадь опытной делянки увеличивается. Она должна быть достаточной, чтобы исключить влияние индивидуальной изменчивости отдельных растений на точность опыта. Наиболее часто для пропашных культур размер опытной делянки планируется 50–150 м², при условии, что на делянке будет 80–100 учётных растений. Для картофеля достаточно на учётной делянке иметь 40–50, для кукурузы – 60 растений (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Площадь опытной делянки в зависимости от изучаемой культуры
В квадратных метрах

Культура	Площадь
Пшеница, ячмень, овёс, гречиха, соя	40–60
Кукуруза, картофель, свекла	50–150
Арбузы, тыква	150–200
Огурцы, томаты, капуста, баклажаны	20–50
Лук, морковь, перец, петрушка	10–30
Редька, редис	5–10

Форма делянки. Точность полевого опыта может быть повышена правильным выбором формы делянки. **По форме опытные делянки бывают: квадратные, прямоугольные, вытянутые, линейные, круглые.**

Форма опытной делянки зависит от метода расположения делянок в опыте. При одноярусном расположении делянок, лучшей будет вытянутая, или прямоугольная, а при многоярусном – целесообразно придавать им форму, приближающуюся к квадрату.

При размещении вариантов на делянках по методу латинского квадрата, лучшей формой опытной делянки считается квадратная, или прямоугольная. При удлинённой (вытянутой) форме делянок, латинский квадрат не имеет преимуществ перед методом рендомизированных повторений.

Наиболее целесообразна прямоугольная форма делянки: отношение ширины к длине (1:5) или (1:10). Она обеспечивает большую точность опыта, так

как полнее охватывает пестроту участка. Но слишком вытянутые формы делянок (1:15–20), имеющие большой периметр, снижают точность опыта. Вытянутые делянки особенно необходимы при явно выраженном изменении плодородия в каком-либо направлении. При этом делянки должны быть вытянуты в том направлении, в котором изменяются свойства участка. При закладке опыта на склоне, делянки должны быть вытянуты вдоль склона. Для повышения точности опыта делянкам необходимо придать форму, близкую к квадрату, а число повторностей увеличить.

При выборе формы и площади делянок в опытах считают, что на защитные полосы должно приходиться около 25 % площади опытного участка.

Задание 1.7. В зависимости от поставленных задач исследования, агротехники опытных растений определить с величиной и площадью делянок в схеме опыта.

Повторность опыта. Кроме величины и формы делянки на точность опыта влияет *повторность, то есть расположение каждого варианта схемы опыта равномерно на нескольких делянках*. Делянки одной повторности можно рассматривать как части одной большой, но размещённой в различных местах опытного участка. Этим достигается большой охват каждым вариантом почвенной пестроты участка. Наличие нескольких параллельных делянок для каждого варианта опыта повышает его точность. Число повторностей зависит от задач опыта, пестроты почвенного покрова, размера делянки, длительности опыта и т. д. Повторность может быть 3–8-кратной, иногда 2-кратной в производственных, предварительных, демонстрационных опытах. Полевой опыт без повторения вариантов не может считаться научным методом исследования.

Повторение опыта во времени. Полевой опыт с удобрениями кроме сопутствующей повторности в пространстве должен иметь повторение во времени. Цель этого повторения – повысить точность, достоверность выводов об

эффективности удобрений и установить зависимость действия удобрений от различных метеорологических условий. Кроме того, многие удобрения обладают длительным последствием, учёт которого необходимо проводить в течение ряда лет.

В зависимости от темы, опыты с удобрениями могут быть различной продолжительности: краткосрочными и многолетними.

В краткосрочных опытах при изучении видов, форм, доз, сроков, способов внесения удобрений, обладающих коротким последствием, для получения достоверной характеристики их эффективности необходимая повторность во времени зависит от метеорологических условий и продолжается не менее трёх – четырёх лет.

Многолетние опыты, в которых изучают приёмы, отличающиеся длительным последствием (известкование, дозы навоза), или разрабатывают систему удобрений, должны продолжаться не менее 10 лет.

Повторением опыта называют часть площади опытного участка, включающую все варианты схемы опыта. *Повторения наряду с повторностью позволяют учитывать варьирование плодородия почвы и ограничивать его влияние на точность полевого опыта.* Каждое повторение представляет собой часть площади опытного участка, содержащую полный набор вариантов, изучаемых в данном полевом опыте. Отдельно взятое повторение является сокращенным в объёме опытом, в котором можно делать все возможные сравнения между вариантами.

Необходимо понять, что повторность и повторение составляют два разных элемента одного опыта. **Повторность – это число делянок одного варианта, а повторение – набор делянок разных вариантов, входящих в состав схемы опыта.** *Делянки, входящие в состав повторения, размещены в нём компактно, тогда как повторения полевого опыта могут быть разбросаны по территории земельного участка.*

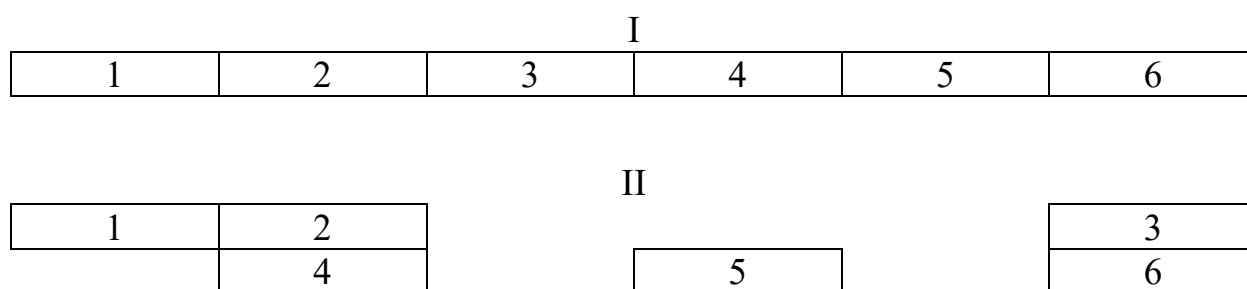
Блок – часть площади участка полевого опыта, разделённой на делянки, на которых размещают варианты схемы опыта случайными методами. Число блоков равно повторности опыта. Блок может быть полным, тогда он равнозначен повторению, или неполным, когда в блок входит лишь часть вариантов. В последнем случае несколько блоков составляют одно повторение.

***Задание 1.8.** В зависимости от темы, задач опыта, пестроты почвенного покрова, размера делянки, определить число повторностей в опыте и установить его продолжительность.*

Расположение повторений и вариантов в опыте. Способы расположения повторений и вариантов в опыте должны более полно охватить каждым вариантом пестроту почвенного плодородия опытного участка, создать условия наилучшей сравнимости между вариантами. В конечном счёте это обеспечивает большую репрезентативность (типичность) и точность опыта, повышает достоверность его результатов.

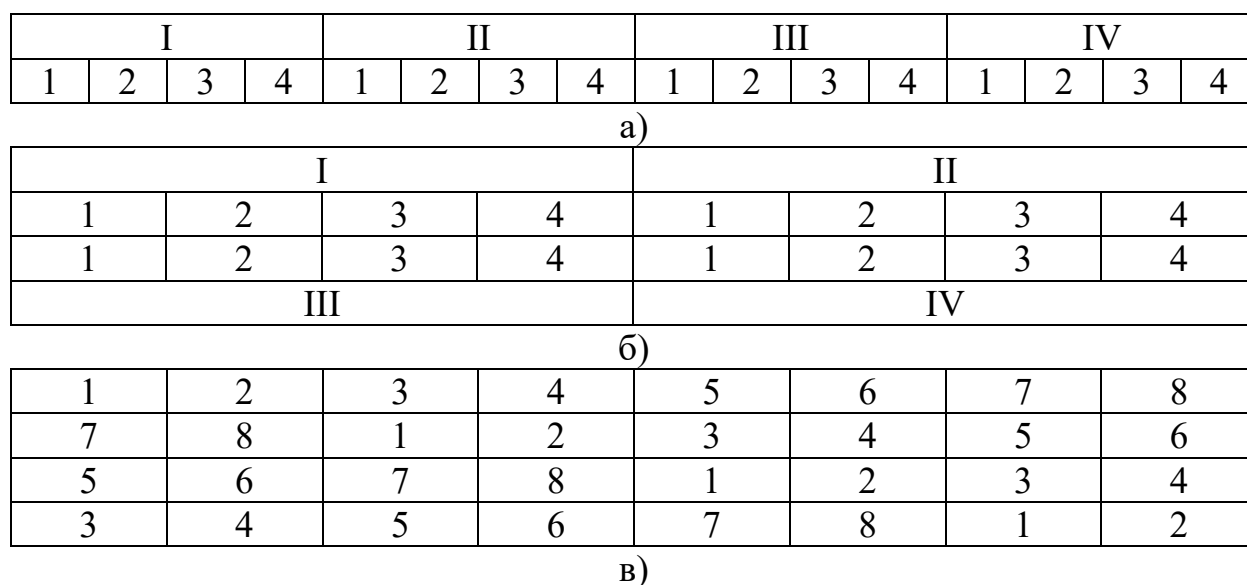
На способ размещения полевого опыта влияют пестрота плодородия опытного участка, число вариантов и схеме, технические условия постановки и проведения опыта, а также общая площадь участка. **В полевых опытах с удобрениями применяют два способа расположения повторений: сплошное, когда все повторения объединены территориально, и разбросное, когда повторения по одному или по несколько расположены в различных частях поля или на разных полях.** Разбросное расположение повторений чаще всего вызывается отсутствием однородного опытного участка достаточного размера для сплошного размещения всех повторений опыта (рис. 1.1).

При сплошном расположении повторностей опыта, повторности могут быть размещены на участке в несколько ярусов (рис. 1.2).



I – сплошное; II – разбросное

Рисунок 1.1 – Расположение шести повторностей опыта



а) – однорядное последовательное; б) – двухрядное;

в) – многорядное, ступенчатое; 1–8 – номера вариантов; I–IV – повторения

**Рисунок 1.2 – Схема систематического
расположения вариантов и повторений в опыте**

Что касается методов расположения вариантов опыта на делянках внутри повторности, то оно может быть систематическое (или стандартное) и случайное (или рендомизированное).

Систематическое расположение вариантов на делянках внутри повторений предусматривает возможно равномерное распределение одноимённых

вариантов на опытном участке в заранее установленном исследователем порядке. При однорядном размещении повторений наиболее распространено последовательное расположение вариантов (рис. 1.2, а).

При двух- и многорядном расположении повторений на делянках варианты чаще всего размещают ступенчато (рис. 1.2, б, в). Однако следует помнить, что при любых способах размещения повторений и вариантов нельзя допускать территориального сближения одноименных делянок, следует максимально удалять их друг от друга.

Случайное расположение вариантов на делянках заключается в случайном их размещении на основе жребия или по специально составленным таблицам случайных чисел. Среди случайных методов размещения вариантов наибольшее распространение получили метод случайных блоков, или повторений (рис. 1.3), и метод латинского квадрата (рис. 1.4).

4	2	1	3	1	4	3	2	4	3	1	2	3	1	2	4	2	3	4	1	4	2	3
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

3	2	1	4	1	3	4	2	4	1	3	2
2	1	4	3	4	2	1	3	1	2	4	3

3	1	2	4	2	3	4	1
1	2	4	3	4	1	2	3
4	3	1	2	3	2	1	4

Рисунок 1.3 – Схема размещения вариантов методом случайных блоков

A	B	C	D	E	F
B	C	D	E	F	A
C	D	E	F	A	B
D	E	F	A	B	C
E	F	A	B	C	D
F	A	B	C	D	E

C	E	B	A	D	F
B	F	E	D	A	C
A	D	F	C	B	E
F	B	D	E	C	A
D	A	C	F	E	B
E	C	A	B	F	D

а) б)
а) – систематическое; б) – рендомизирование

Рисунок 1.4 – Схема размещения вариантов методом латинского квадрата

Нумерация делянок в полевых опытах сквозная, начинается с 1, 2, 3 и далее не зависит от числа вариантов и повторностей.

Задание 1.9. С учётом пестроты плодородия опытного участка, числа вариантов и схеме, технических условий постановки и проведения опыта, а также общей площади участка, определиться со способом размещения повторений и вариантов в опыте.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные элементы методики полевого опыта.
2. Назовите основную задачу правильного сочетания основных элементов методики полевого опыта.
3. Что такое вариант опыта? Какие различают варианты в опыте?
4. Что такое опытный вариант?
5. Что такое контрольный вариант?
6. Что такое стандартный или фоновый вариант?
7. От чего зависит площадь и форма делянки в полевом опыте?
8. Какие бывают по форме опытные делянки? Назовите лучшую форму опытной делянки.
9. Что такое повторность и повторение опыта?
10. Что такое цель повторения опыта во времени?
11. Что такое краткосрочные и многолетние опыты?
12. Назовите способы расположения повторений в опытах с удобрениями.
13. Что такое систематическое расположение вариантов?
14. Что такое случайное расположение вариантов?

Занятие 4. Техника закладки и проведения полевого опыта

Занятие 4.1. Разбивка опытного участка

Теоретические сведения. После разработки программы опыта, изучения и подготовки земельного участка, необходимо нанести намеченное размещение опыта на схематический план участка, где указать размеры делянок (ширина, длина), защитных полос, дорожек, общую площадь, занимаемую под опыт (рис. 1.5).

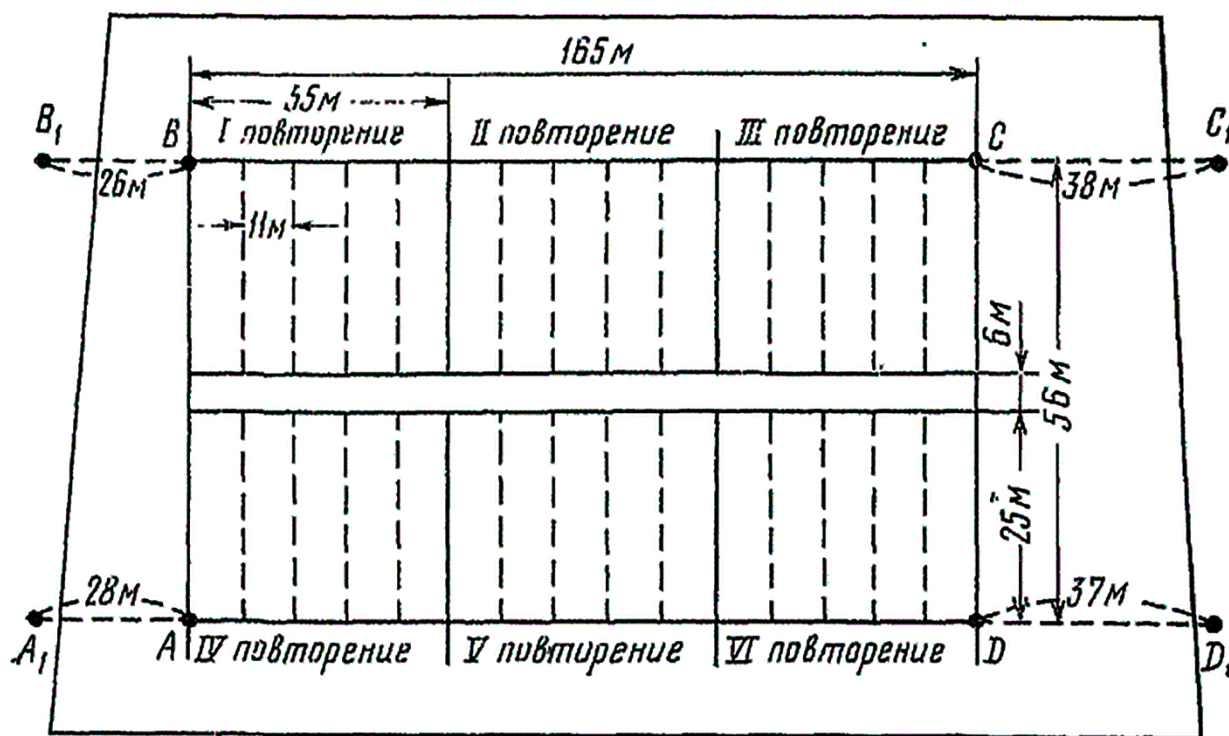


Рисунок 1.5 – Схематический план полевого опыта

В период проведения опыта его разбивку проводят не менее двух раз за сезон – перед посевом и уборкой. Первую и основную разбивку опыта проводят до начала полевых работ: обработки почвы, внесения удобрений или по-

сева. В последующем при появлении всходов разбивку повторяют с выделением защиток. Между защитками и учётной площадью вручную или мотокультиватором пробивают полосы шириной 20–40 см.

По схематическому плану проводят наложение опыта в натуре, то есть разбивку опыта на делянки, повторности, выделение защитных полос и фиксирование границ опыта и участка.

Перед выходом в поле для разбивки участка необходимо приготовить теодолит или экер для построения прямых углов, стальную мерную ленту или рулетку на 10–20 м, шнур (50–100 м), вешки (5–10 шт. длиной 1,5–2 м), четыре угловых столбика (колышка) для фиксирования границ делянок (на каждую делянку необходимо иметь по четыре колышка).

Разбивку участка начинают с выделения общего контура опыта. Для этого по одной из длинных сторон участка прокладывают, отмечая вешками или по шнуру, прямую линию A_1D_1 . Отступают от границы поля не менее чем на 5–10 м и забивают колышек в точке А. Затем по линии A_1D_1 отмеряют необходимое по плану расстояние и ставят колышек в точке D. В точках А и D восстанавливают перпендикуляры к линии A_1D_1 . От точек А и D по перпендикуляру откладывают необходимое по плану расстояние и фиксируют границы опыта колышками в точках В и С. Если прямые углы построены верно, то $AD=BC$ и $AB=CD$. Если получилась неувязка, превышающая допустимые пределы, составляющие 5–10 см на 100 м длины, то работу повторяют.

После выделения основного контура опыта проводят его разбивку на делянки, повторения, выделяя дорожки и защитные полосы. Технически эта работа несложная, но требует внимания и аккуратности. Так, колышки на границах делянок нужно вбивать точно возле отметок, всё время с одной стороны шпагата. На колышках следует указывать номер делянок. Каждую делянку ограничивают с обеих сторон колышками, окрашенными светлой краской в

верхней половине, на одной стороне которой, обращённой к делянке, пишут чёрным лаком её номер.

По окончании разбивки опытного участка его необходимо надёжно закрепить, чтобы в любое время можно было установить границы участка. Существует довольно много систем закрепления границ опытов, но в большинстве они сводятся к тому, что 2 (возможно и 4) основные линии AD и BC продолжают по прямой в обе стороны за пределы обрабатываемой площади, чтобы не мешать проведению полевых работ на участке, и на их продолжении устанавливают реперы – столбы, трубы и т. д. Точно измеряют и записывают расстояние от границы опытного участка точек A, B, C, D до точек A₁, B₁, C₁, D₁. В стационарных многолетних опытах таким способом фиксируют не только границы опыта, но и границы отдельных повторений и делянок, что значительно облегчает работы по ежегодной, часто неоднократной разбивке опытного участка.

Задание 1.10. Нанести намеченное размещение опыта на схематический план участка, где указать размеры делянок (ширина, длина), защитных полос, дорожек, общую площадь, занимаемую под опыт.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое схематический план опыта?
2. Сколько и когда проводят разбивку опыта в период его проведения?
3. Перечислите оборудование для разбивки опыта.
4. Назовите порядок работ по разбивке полевого опыта.
5. С чего начинают разбивку участка полевого опыта?
6. Какая работа проводится по окончании разбивки опытного участка?

Занятие 4.2. Полевые работы на опытном участке

Теоретические сведения. *Важнейшее требование к проведению полевых опытов – одновременность выполнения всех агротехнических работ, не подлежащих изучению на всех или на нескольких повторениях полевого опыта.* Даже незначительный разрыв в сроках обработки, если за это время, например, прошёл дождь, разрыв в сроках внесения удобрений или посева в пределах шести – восьми часов приводит иногда к существенным различиям показателей роста и развития растений.

Второе важное требование – высокое качество всех выполняемых работ. Агротехнический фон на опытном участке должен быть оптимальным для проявления эффекта от изучаемого приёма. При создании агротехнического фона опыта главное внимание должно быть уделено созданию оптимальных условий для сравнения изучаемых приёмов и на максимальное использование механизации.

Помимо обычных требований, предъявляемых к качеству обработки, она должна иметь полную однородность на всех делянках опыта. На делянках не должно быть развальных борозд и свальных бугров.

При вытянутой форме делянок обработку почвы проводят, как правило, по длине участка – поперёк делянок. Повороты любых применяемых орудий должны производиться за пределами опытного участка.

Задание 1.11. *Согласно требований к проведению полевых работ в опытах составить план агротехнических мероприятий с указанием вида работы, срока проведения, марки тракторов и сельскохозяйственных машин или орудий в соответствии с формой таблицы 1.2.*

Таблица 1.2 – План агротехнических работ

Вид работы	Срок проведения	Марка трактора	Марка сельскохозяйственной машины или орудия
...	...	...	...

Вопросы для самоконтроля

1. Какое важнейшее требование необходимо учитывать при проведении полевых работ на опытном участке?
2. Какое второе важное требование к проведению полевых работ на опытном участке?
3. Какие требования, предъявляют к качеству обработки на опытном участке?

Занятие 4.3. Подготовка и внесение удобрений

Теоретические сведения. Внесение удобрений – один из ответственных моментов полевого опыта независимо от того, является ли оно агрофоном или изучаемым фактором. Сделанные при внесении удобрений ошибки впоследствии не могут быть исправлены, а часто бывают даже не обнаружены. *Основное требование при внесении удобрений – равномерность распределения рассчитанной дозы по всей поверхности делянок.*

Минеральные удобрения перед взвешиванием необходимо просушить, измельчить и просеять. Дозы рассчитывают по содержанию в удобрениях питательного вещества (N, P₂O₅, K₂O). Необходимое количество каждого удобрения на делянку определяют по формуле (1.1):

$$X = \frac{D \cdot S}{100 \cdot b} \quad (1.1)$$

где X – количество минеральных удобрений, кг на делянку;

D – доза питательного вещества, кг/га;

S – площадь опытной делянки, м²;

100 – масса удобрения, кг;

b – процент действующего вещества в удобрении, %.

В качестве примера рассчитаем дозу аммофоса для предпосевного внесения под сою, если оптимальная доза по азоту составляет 100 кг P₂O₅ на гектар, площадь опытной делянки – 105 м², а процент питательных веществ в аммофосе: N – 12,0 % и P₂O₅ – 50,0 %. Искомая доза аммофоса составит: $X = \frac{100 \cdot 105}{100 \cdot 50} = \frac{10500}{5000} = 2,1$ кг.

Навески минеральных удобрений менее одного килограмма отвешивают с точностью до одного грамма, от одного до 10 килограммов – с точностью до 10 граммов и свыше 10 килограммов – с точностью до 100 граммов. Их помещают в пакеты или мешки с этикетками, на которых указаны названия удобрений, их количество, номер делянки, на которую они должны быть внесены. Число навесок каждого удобрения должно быть на одно больше требуемого количества.

В поле мешки раскладывают на делянках около головного колышка по схеме, после чего проверяют правильность их раскладки. Затем, если на одну делянку по схеме следует внести несколько различных удобрений, их высыпают из мешков на брезент или плёнку, тщательно перемешивают, пересыпают в ведро и вручную равномерно рассеивают по делянке. Удобрения на каждой делянке лучше рассеивать в два приема или с таким расчётом, чтобы удобрений немного осталось, так как при их нехватке на какую-то часть делянки, её считают испорченной. Остаток удобрений всегда можно равномерно разбросать по всей делянке.

Рассев удобрений необходимо проводить в безветренную погоду, соблюдая большую осторожность. Желательно, чтобы удобрения в тот же день были заделаны в почву.

При локальном способе (в рядки, борозды) удобрения вносят одновременно с посевом (посадкой) культур. При ленточном способе внесения, посев сельскохозяйственных культур проводят поперёк лент удобрений (для зерновых), между лентами (для картофеля, кукурузы и других пропашных культур).

Органические удобрения (компост, навоз) по-своему составу отличаются неоднородностью, что оказывает различное влияние на плодородие почвы, рост и развитие растений на отдельных делянках. При подготовке навоза для опыта необходимо его перелопачивание, проводимое один – два раза до внесения.

Органические удобрения обычно вносят по массе на единицу площади (в тоннах на гектар). Однако, как и минеральные удобрения, их можно вносить по расчёту на содержание питательных веществ (килограмм азота, фосфора и калия на гектар). Органические удобрения перед внесением вывозят и складывают обычно на дорогу возле опытного участка в одну – две кучи, затем их взвешивают в корзинах, ящиках, вёдрах, разносят на делянки и равномерно распределяют. Органические удобрения заделывают сразу после их внесения.

Задание 1.12. По дозам удобрений, установленным в схеме полевого опыта, рассчитать количество минеральных удобрений на делянку и общую потребность на опыт.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие основные требования предъявляют при внесении удобрений?
2. Назовите технологию внесения минеральных удобрений на делянку при разбросном способе.
3. Назовите технологию внесения минеральных удобрений на делянку при локальном способе.

Занятие 4.4. Посев и посадка

Теоретические сведения. Посев на опытных участках требует большой тщательности. Как и вспашку, его обычно проводят через все делянки повторности. *Важным требованием опыта является своевременный равномерный посев доброкачественными семенами районированных сортов.* Особенно тщательно для опытов отбирают посадочный материал: рассаду, саженцы, клубни картофеля.

В опытах, где посев не является изучаемым фактором, его проводят поперёк делянок. Первый проход сеялки делают по шнуру (колышкам). Высевающие аппараты сеялки необходимо включать за 1–1,5 м до начала делянки и выключать после прохода её границы. При вынужденной остановке сеялку откатывают назад на 0,5–1 м, иначе получится огрех.

При посадке пропашных культур следят за тем, чтобы на делянку приходилось целое число борозд (рядков), а число растений соответствовало требуемой густоте (было одинаковым). Борозды, как и рядки, при посеве лучше располагать вдоль участка и поперёк делянок. Число растений пропашных и овощных культур определяется площадью их питания.

Нормы высева культур сплошного посева (Н) рассчитывают по формуле (1.2):

$$H = \frac{A \cdot M}{\Pi} \quad (1.2)$$

где А – норма высева всхожих семян, млн. всхожих семян на гектар;

М – масса 1 000 семян, г;

Π – посевная (хозяйственная) всхожесть семян, %.

При посеве также необходимо, чтобы на делянку приходилось целое число рядков, а число растений на всех делянках было строго одинаковым и соответствовало требуемой по опыту густоте.

Посев, посадку и другие работы на опытном участке необходимо проводить одновременно на всех деланках в течение одного дня. Например, разрыв во времени посева яровых в четыре – шесть часов приводит к разнице в урожайности в 0,1–0,2 т/га.

Задание 1.13. По формуле (1.2) рассчитать норму высева на один гектар выбранной для изучения культуры.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие требования предъявляют при посеве или посадке опыта?
2. Назовите технологию посева или посадки в полевых опытах.
3. Какие показатели применяются при расчете нормы высева культур сплошного посева?

Занятие 4.5. Уход за растениями и опытным участком

Теоретические сведения. Уход за растениями на опытных деланках такой же, как и в производственных условиях за соответствующими культурами. Необходимо, чтобы все работы по уходу (прополка, междурядные обработки, полив и др.) выполнялись постоянно, одновременно и одинаково на всех деланках. В опытах с удобрениями должны применяться все существующие способы борьбы с вредителями и болезнями, которые не влияют на питательный режим почвы и растений.

*К специальным работам по уходу за опытом относят поделку и про-
чистку дорожек, поддержание их и запольных участков в чистоте, отбивку
защитных полос, своевременную расстановку этикеток – оформление опыта.*

При сплошной обработке участков на границах различно удобренных деланок постоянно происходит некоторый перенос почвы, а с ней и внесённых удобрений с одной деланки на другую. Кроме того, растения, расположенные

по краям делянок, могут использовать своими корнями питательные вещества не только со своей, но и с соседней делянки. Они находятся в лучших условиях освещения. Несомненно, всё это влияет на рост, развитие, общий урожай растений с делянки, причем тем сильнее, чем меньше площадь делянки. Чтобы избежать при учёте урожая ошибок за счет переноса удобрений и лучшего развития краевых растений, обычно учитывают не всю засеянную площадь делянки, а только центральную её часть, срезав полосы к краям делянки. Эти полосы называются защитными или защитками.

Первоначальная площадь делянки, включая защитные полосы, называется опытной, а площадь, остающаяся после уборки защитных полос, – учётной и служит для учета урожая (рис. 1.6).

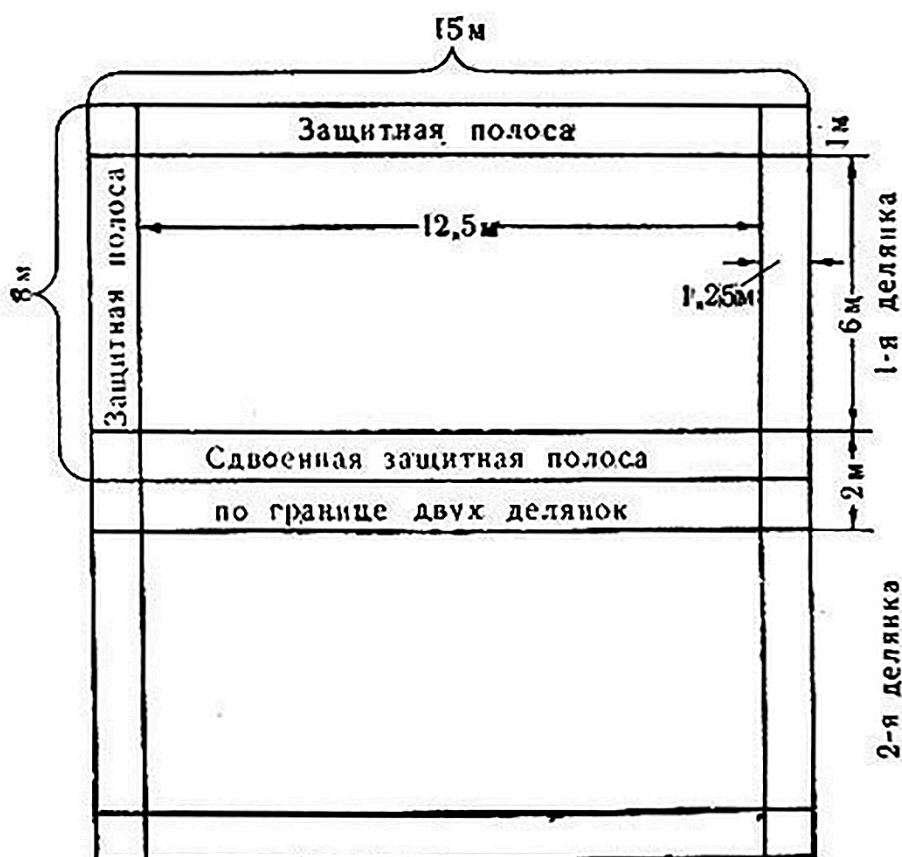


Рисунок 1.6 – Опытная и учётная площадь делянки с защитными полосами

Ширина защитных полос определяется, в основном, влиянием дополнительной площади питания, освещения и возможностью переноса удобрений с одной делянки на другую. Рядом исследователей установлено, что для зерновых вполне достаточно защитная полоса от 0,5 до 1 метра, для пропашных: один – два рядка или одна гряда. При проведении опытов необходимо помнить, что защитные полосы обрабатывают, засевают, удобряют вместе со всей делянкой. Убирают растения с защитных полос перед уборкой с учётной площади делянки.

Кроме защитной полосы делянки выделяют защитную полосу вокруг всего опытного участка – защитную полосу опыта. *Эта полоса находится за пределами площади опыта – опытных делянок. Убирают её перед уборкой деляночных защитных полос или одновременно с ними. Ширина полосы может быть различной – от одного до 20 метров.*

К специальным работам на опытном поле относится оформление опыта: расстановка этикеток по делянкам, которые облегчают проведение наблюдений и учёт урожая, уменьшают возможность ошибок при внесении удобрений и т. д. Желательно, чтобы этикетки стояли на всех делянках с самого начала вегетации. Однако во время обработки почвы, внесения и заделки удобрений, посева или посадки, колышки часто ломаются, пачкаются, перетаскиваются с одной делянки на другую. В связи с этим, первичную разбивку опыта проводят, применяя старые колышки или ветки. После появления всходов, выделения дорожек, устанавливают этикетки и колышки – оформляют опыт. В начале опытного участка ставят большую этикетку, выкрашенную в белый цвет, на которой масляной краской или лаком пишут название опыта. В левом углу каждой делянки устанавливают небольшие колышки-этикетки, где пишут номер делянки, а иногда кратко указывают вариант опыта (рис. 1.7).

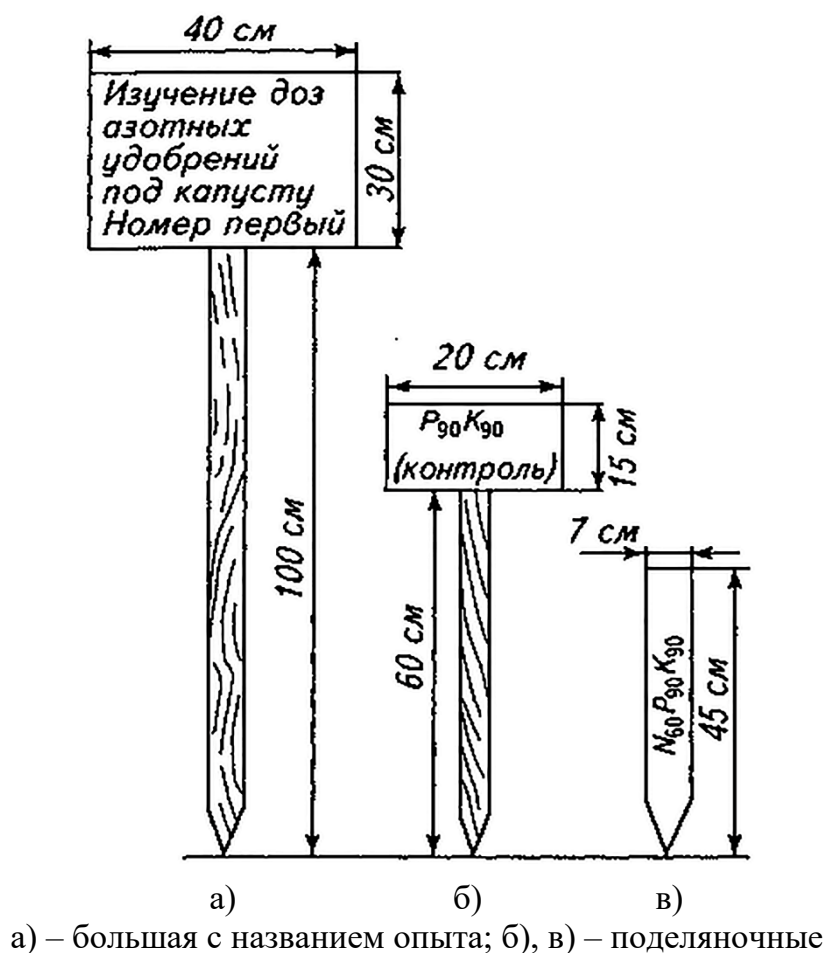


Рисунок 1.7 – Виды этикеток

Задание 1.13. Исходя из площади опытной делянки, нарисовать схему, включающую размеры защитных полос и учётную площадь делянки.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите специальные работы по уходу за опытом.
2. Как влияют края и соседние делянки на точность опыта? Определите меры устранения данных факторов.
3. Что такое посевная и учётная площадь опытной делянки?
4. Что такое защитные полосы, защитные делянки в полевом опыте? Укажите их назначение, порядок определения размеров.
5. Расскажите технологию оформления опыта.
6. Что такое дорожки и дороги в полевом опыте? Определите их назначение, порядок определения размеров.

Занятие 4.6. Наблюдения и учёты в период вегетации

Теоретические сведения. В течение вегетационного периода на опытном участке регулярно, согласно разработанной программе опыта, проводят наблюдения и исследования, которые помогают понять изучаемые явления, объясняют получение тех или иных прибавок урожая или изменение его качества.

В полевых опытах с удобрениями наиболее часто изучают метеорологические условия, агрохимические и агрофизические свойства почвы, ведут фенологические наблюдения за растениями, проводят учет прироста зелёной массы и накопления сухого вещества, определяют высоту растений, рост и развитие корневой системы, учитывают урожай, его структуру и др.

Все сопутствующие наблюдения и учёты в период вегетации в полевых опытах с удобрениями могут быть глазомерными (визуальными), характеризующими качественное состояние посевов (глазомерная оценка перезимовки озимых и многолетних трав, оценка устойчивости растения к полеганию, поражению болезнями и повреждению вредителями и т. д.), или количественными: измерение, взвешивание, подсчёт растений и т. д. Несомненно, количественные учёты более предпочтительны, так как их результаты можно подвергать статистической обработке для оценки степени их точности и достоверности.

Визуальная оценка – глазомерные наблюдения за состоянием посевов для правильного объяснения результатов опытов. Она помогает установить необходимость выключек, или исключения из учёта, отдельных делянок. Результаты визуальной оценки обычно выражают по пятибалльной шкале: 5 баллов означают отличное состояние посевов, 4 – хорошее, 3 – удовлетворительное, 2 – плохое, 1 – очень плохое, 0 – полную или почти полную

гибель растений на делянке. Для оценки посевов в варианте в целом баллы по повторностям суммируют и сумму делят на число повторностей.

Помимо визуальных наблюдений за состоянием растений важно дать оценку состояния посевов после резкого проявления неблагоприятных факторов (заморозки, град, ливень, массовое повреждение вредителями и т. д.). Сроки и частота наблюдений определяются целью исследования и возможностями.

Исследования общей характеристики агрофизических свойств почвы лучше проводить в период роста растений. Для агрохимической характеристики почвы рекомендуют пробы почв отобрать весной до посева и осенью после уборки урожая.

При исследовании динамики какого-либо процесса, например, определения различных форм азота, фосфора или накопления зелёной массы растений, целесообразно установить календарные сроки для взятия образцов, наблюдений. Чтобы полнее выяснить динамику изучаемого явления, необходимо вести наблюдения с возможно малыми промежутками. Наиболее ответственные наблюдения проводят с интервалами 5–10–15 дней (поступление элементов питания, рост, наступление фаз и др.).

При проведении исследований применяют выборочный метод учёта или метод проб. Проба (выборка) – это небольшое число единичных объектов, взятых из большого собрания объектов, называемого совокупностью. Для получения объективных и точных результатов при проведении исследований большое значение приобретает правильная методика отбора проб. Она должна быть направлена на то, чтобы каждый образец возможно точнее отражал действительное состояние исследуемых признаков на делянке. Методика отбора растительных образцов зависит от вида опытной культуры, задач и схемы опыта, характера исследований.

Для определения прироста сухого вещества, измерения высоты растений, изучения процесса накопления в растении или его органах элементов питания, а также для биохимического анализа растительные пробы для культур сплошного посева (зерновые, травы и др.) отбирают с пробных рядков (метровок) или с пробных площадок (от 0,25 до одного квадратного метра), выделяемых и закрепляемых колышками на учётной площади делянок.

Для пропашных культур (картофель, свекла, морковь и др.) вместо проб с рядков или площадок берут определённое число растений.

Не менее важен и способ взятия проб. Ряд исследователей считает правильным отбирать пробу путем рандомизации, то есть случайно. Однако значительно чаще пробы отбирают, применяя систему размещения их на делянке (по диагонали через определённые расстояния или через определённое число растений).

Что касается отбора почвенных образцов (проб), то в полевых опытах с удобрениями пробы берут с делянок всех повторностей вариантов опыта по схеме. Это необходимо, чтобы исключить влияние возможной неоднородности плодородия почв и получить объективные результаты исследований. Отбор образцов почвы проводят как до закладки полевых опытов, так и в период роста и развития растений и после уборки урожая.

С каждой делянки берут смешанный образец, который состоит из 20–25 индивидуальных. Образцы в поле отбирают специальным буром. Индивидуальные образцы, взятые на делянке, там же, в поле ссыпают вместе, тщательно перемешивают на бумаге, мешке или пленке и отбирают среднюю пробу массой 200–300 граммов, которую помещают в коробку или мешочек с этикеткой, где указывают опыт, номер делянки, вариант, повторность, дату отбора образца и ставят подпись взявшего пробу.

Фенологические наблюдения – это наблюдения, проводимые за растениями от посева до созревания. Их цель в установлении времени

наступления фаз развития растений. При фенологических наблюдениях обычно отмечают начало фазы, когда в неё вступает 5–10 % растений деланки, и полную фазу, когда она наблюдается у 50–75 % растений.

У зерновых культур (пшеница, рожь, ячмень, овес) рекомендуют отмечать следующие фазы: время посева, появление всходов, кущение, выход в трубку, колошение или выметывание, молочная, восковая и полная спелость, время уборки. Результаты фенологических наблюдений записывают по приведенной форме таблицы 1.3.

Таблица 1.3 – Форма для фенологического наблюдения за посевами

Опыт _____ Культура _____ Сорт _____

...	Вариант опыта	...	...	Дата наступления фаз							Число дней от начала всходов до полной спелости	...	Густота стояния на 1 м ²			
				Всходы			Выход в трубку	Колошение	Спелость				после полных всходов	при уборке	количество растений, сохранившихся к уборке, %	
				начало	полные	кущение			молочная	восковая						полная
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	

Данные фенологических наблюдений используют для вычисления периодов между фазами и определения общей длины вегетационного периода растений.

У зернобобовых культур (горох, фасоль, бобы, чина) отмечают посев, всходы, начало цветения, полное цветение, полное созревание, уборку; у бо-

бовых трав – посев, всходы, образование боковых побегов, образование соцветий, цветение, хозяйственную спелость, дату уборки; у многих трав – возобновление вегетации весной и начало отрастания после каждого укуса. У картофеля отмечают посадку, полные всходы, бутонизацию, цветение, клубнеобразование, начало естественного отмирания ботвы, дату уборки. У свеклы, моркови, редиса, репы отмечают посев, всходы, начало пучковой спелости, стрелкование, начало технической (товарной) спелости, дату уборки.

Определение площади листьев и фотосинтетического потенциала.

Урожай обуславливается, в основном, площадью листовой поверхности растений, длительностью их активной деятельности и продуктивностью фотосинтеза растений. Периодическое определение площади листьев растений даёт возможность объяснить различия в урожаях по вариантам полевого опыта.

Листовая поверхность может быть определена методом высечек, линейных размеров и других методами.

Периодические измерения листовой поверхности растений дают возможность определить показатель, характеризующий фотосинтетическую работу растений за вегетацию. Этот показатель называют фотосинтетическим потенциалом. Его рассчитывают путем суммирования площади листьев на один гектар посева за каждый день вегетационного периода. Суммирование производят графически.

Метеорологические наблюдения. *В опытах с удобрениями необходимо по декадам и месяцам учитывать следующие показатели: количество выпавших осадков, температуру и влажность воздуха, температуру почвы и др.*

Для оценки термических условий периода вегетации надо знать сумму активных температур, то есть потребность в тепле в период активной вегетации. Для различных культур сумма активных температур составляет от 1 200 до 1 300 °С (для гороха, ячменя, озимых) и от 2 200 до 2 700 °С (для кукурузы и др.).

Для характеристики режима увлажнения используют гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова, который вычисляют по формуле (1.3):

$$\text{ГТК} = \frac{\text{Сумма осадков (мм)}}{0,1 \cdot \text{Сумма активных температур (град)}} \quad (1.3)$$

Сумму осадков подсчитывают за период с температурой воздуха выше 5, 10 и 15 °С. Гидротермический коэффициент можно использовать для оценки эффективности применяемых удобрений в зависимости от условий увлажнения, установив начало, конец и продолжительность избыточно влажных, засушливых и сухих периодов во время вегетации растений. При этом если данный коэффициент больше двух единиц, то наблюдается избыточное увлажнение. При гидротермическом коэффициенте, равном от единицы до двух, условия увлажнения удовлетворительные; от единицы до 0,5 – наблюдается не-большой недостаток влаги; менее 0,5 – наблюдается сухой период (засуха).

Наблюдения за условиями питания растений. В процессе проведения полевого опыта с удобрениями необходимо регулярное наблюдение за условиями питания растений как для общей характеристики условий опыта, так и для объяснения влияния изучаемых в опыте удобрений на урожай и его качество. Наряду с химическими анализами растительного материала (листовая диагностика) в различные фазы вегетации широко используют качественно-количественные методы полевой диагностики питания растений. Эти методы позволяют установить недостаток или избыток различных элементов питания по цветной реакции клеточного сока растений с различными химическими реактивами.

Наиболее широкое распространение для этих целей получили методы Магницкого и Церлинг. Наряду с этими методами, в полевых опытах с удобрениями применяют и визуальную диагностику питания растений.

Признаки голодания растений в отношении того или иного элемента питания могут проявляться на всех частях органов растений. Недостаток азота, фосфора, калия, магния сначала проявляется на нижних, более старых листьях. Недостаток кальция, бора, железа, серы, марганца, меди – на молодых листьях.

Затруднения в использовании для диагностики питания внешних признаков заключаются в том, что недостаток того или иного элемента у различных культур может проявляться по-разному. Кроме того, схожие признаки могут наблюдаться у растений в результате не только недостатка элементов питания, но и под влиянием внешних условий. В основе визуального метода лежит знание признаков голодания растений.

Кроме фенологических наблюдений большая роль в выявлении эффективности действия удобрений принадлежит следующим количественным показателям роста и развития растений: измерению высоты растений, определению густоты стояния, энергии кущения, темпов накопления массы урожая, его структуры, массы корней и др.

Высоту растений в опытах измеряют в период полного цветения или перед уборкой. Среднюю высоту растений определяют суммой промеров всех растений на одном квадратном метре и делением на число растений; метровки закладывают в 4–8 местах делянки в зависимости от её размера.

Густота стояния растений – это число растений на одном квадратном метре. У культур сплошного посева её определяют дважды за период вегетации растений на постоянных площадках. Площадки выделяют после появления полных всходов и отмечают небольшими колышками. На каждой делянке должно быть не менее четырёх площадок общей площадью один квадратный метр. Они должны обязательно иметь чётное число рядков и размещаться на делянке по диагонали.

У яровых и озимых зерновых, прядильных культур густоту стояния определяют два раза: после полных всходов и перед уборкой или во время уборки.

Первый подсчёт позволяет проверить норму высева и полевую всхожесть, а также установить густоту стояния по вариантам опыта. Второй – даёт возможность установить количество всех сохранившихся к уборке растений.

У пропашных культур сплошной подсчет растений делают после прорывки и перед уборкой на небольших делянках (по 100 м²) на всей площади, а на делянках более 100 м² выделяют четыре площадки в разных местах делянки с общим числом растений не менее ста. Делением суммарной площади учётных делянок на число растений находят площадь питания одного растения.

Энергия кущения – это число стеблей одного растения. У озимых энергию кущения определяют поздно осенью, а у озимой пшеницы и весной, так как она ещё кустится в это время.

Для определения энергии кущения берут некоторое число рядков по одному метру длины (по два параллельных рядка), составляющих один квадратный метр или несколько квадратных метров в зависимости от величины делянки. Рядки располагают в разных местах делянки, лучше по диагонали.

Затем подсчитывают число стеблей (побегов) на один метр длины, делят на число растений (кустов) и получают значение энергии кущения. Из значений, полученных для каждого рядка длины, находят среднее на один квадратный метр.

В полевых опытах с удобрениями представляет интерес установление **динамики накопления растительной массы**. В зависимости от культуры отбор проб растений чаще всего проводят в период наступления фаз их развития или по календарным срокам (по декадам). Образцы растений отбирают так же, как и при учёте густоты стояния, – с пробных рядков или площадок размером от 0,25 до одного квадратного метра.

Отбор растительных проб на посевах зерновых культур ведут на делянках двух повторений опыта. На каждой делянке выбирают и закрепляют колышками четыре площадки, типичные для всего опыта. Площадки (не менее 4 м²)

располагают по возможности у краёв делянки на учётной её части. С выделенных площадок образцы растений берут рядками или квадратами по 0,25 м². С каждой площадки отбирают не менее одного квадрата 0,25 м² или четыре полуметра длины, при междурядье 12,5 см. Рядки берут по два смежных в различных местах пробной площадки.

С каждого квадрата или рядка все растения выкапывают совочком или лопатой, отряхивают их от земли и связывают в отдельный снопок. Все восемь снопиков из 16 рядков или четыре снопка из четырех квадратов связывают шпагатом в один общий сноп и привязывают к нему этикетку.

В лаборатории каждый снопок во влажном и высушенном виде взвешивают и, таким образом, определяют его массу в воздушно-сухом состоянии в разные фазы.

Если это входит в программу исследований, определяют высоту, кустистость, засорённость растений и т. д. Затем снопики после высушивания смешивают в один образец и из него отбирают среднюю пробу для анализа на химический состав растений. Масса пробы должна составлять 200–250 грамм.

Для пропашных культур (картофель, свекла) отбирают определённое число растений (100 растений свеклы в начале вегетационного периода и по 10–20 корней свеклы или кустов картофеля во второй половине вегетации). Для определения динамики накопления урожая клубней и выноса из почвы питательных веществ картофелем пробы берут в период вегетации в основные фазы роста и развития растений.

Пробы по 10–20 кустов каждая берут утром в сухую погоду с одного конца поперёк учётной делянки в двух повторностях. Кусты тщательно выкапывают, отряхивают от земли, клубни отделяют от столонов, очищают от почвы и взвешивают. Обязательно взвешивают ботву, предварительно отделив от неё столоны и корни. Клубни сортируют на фракции (мелкие, средние,

крупные), каждую фракцию взвешивают и вычисляют, какой процент она составляет от массы всех клубней. Отобранные пробы используют также для химического анализа. Затем согласно процентному соотношению составляют среднюю пробу массой один килограмм.

Структура урожая – это состав слагающих его частей после созревания. У разных культур она различна. Общими для всех культур являются число растений на единицу площади и средний урожай одного растения. Важное значение для зерновых имеют продуктивная кустистость, озернёность колоса, масса одной тысячи зёрен.

Учёт отдельных элементов структуры урожая позволяет вычислить биологический урожай, сравнить его величину с фактическим, а затем выявить качество способа уборки и метода определения урожая.

У зерновых культур количественные учёты отдельных показателей проводят по основным образцам (за один – два дня до начала уборки), которые отбирают с четырёх пробных площадок, выделенных для определения густоты стояния растений. Если площадки не выделяли, то сноп набирают в четырёх местах делянки с общей площади один квадратный метр. На пробной площадке с чётным числом рядков растения подкапывают лопатой, выдергивают, считают, затем их связывают, помещают в мешок, привязывая этикетку, на которой указывают название опыта, вариант, повторность, номер делянки, номер снопа, число растений, дату отбора.

После этого снопы сушат и проводят их анализ, определяя: 1) общее число растений; 2) число плодоносящих стеблей; 3) общую и продуктивную кустистость; 4) высоту растений; 5) длину колоса или метёлки; 6) количество колосков в колосе; 7) число зёрен в колосе и их массу; 8) биологический урожай зерна и соломы. Данные анализа пробного снопа (снопового образца) записывают по приведенной форме таблицы 1.4.

Таблица 1.4 – Форма для анализа пробного снопа

Опыт _____ Культура _____ Сорт _____

:: :: ::			Вариант опыта																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						</
----------------	--	--	---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Показатели структуры урожая зерновых культур определяют по 30 растениям, отобранным методом средней пробы из снопового образца. По возможности число растений увеличивают до 50–100.

Структуру урожая картофеля определяют, отобрав с каждой делянки пробу, состоящую из 10–20 растений или гнёзд. Данные записывают по приведённой форме таблицы 1.5.

Таблица 1.5 – Форма для анализа структуры урожая картофеля

Вариант опыта	Число растений на 1 га	Масса ботвы с одного куста, г	Число клубней с одного куста				Масса клубней с одного куста, г				Биологический урожай, т/га			
			всего	крупных	средних	мелких	всего	крупных	средних	мелких	всего	крупных	средних	мелких
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Задание 1.14. На основании целей и задач исследований, перечня наблюдений и учётов, определённых на занятии 1, дать описание методик наблюдений и учётов в опыте.

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучают в полевых опытах с удобрениями?
2. Что такое визуальная оценка? Как выражают результаты визуальной оценки?
3. От чего зависят сроки и частота наблюдений в полевых опытах?
4. Что такое проба (выборка)? Опишите методику отбора проб.
5. Для чего определяют густоту стояния растений?
6. Что такое фенологические наблюдения, их цель?
7. Для чего в опытах проводят метеорологические наблюдения?
8. Как проводятся наблюдения за условиями питания растений?
9. Что такое структура урожая? Что позволяет определить учёт отдельных элементов структуры урожая?
10. Из каких показателей складывается структура урожая зерновых культур и картофеля?

Занятие 4.7. Учёт урожая

Теоретические сведения. Заключительная часть эксперимента – уборка и учёт урожая. За несколько дней до начала уборки следует внимательно осмотреть опытный участок, восстановить его границы, выделить каждую делянку, при необходимости сделать выключки или выбраковку целых делянок.

Выключка – часть учётной делянки, исключаящаяся из учёта вследствие случайных повреждений или ошибок, допущенных во время ра-

боты. При проведении опытов с удобрениями допускают следующие основания для выключек или браковки целых делянок: повреждения, вызванные стихийными явлениями природы (заморозки, дождь, град и др.); случайные повреждения в результате потравы скотом, птицей, грызунами и др.; ошибки при закладке и проведении опытов.

Форма выключки – прямоугольная. В выключку попадают не только повреждённые растения, но и находящиеся рядом с ними, так как рост и развитие этих краевых растений проходил в нетипичных условиях их освещения, питания и т. д. При небольшой ширине делянок целесообразно выключать отрезок делянки в полную её ширину.

Принято считать, что если выключки составляют более 25 % всей площади делянки или более 50 % учётной площади, то целесообразно выключить всю делянку. При незначительном изреживании растений, чтобы исключить влияние выключек на результаты учета урожая и получить сравнимые данные, вносят поправки на изреженность. Для этих целей используют формулу (1.4):

$$S = (P - H) \cdot П \quad (1.4)$$

где S – учётная площадь делянки, m^2 ;

P – расчётное число растений на делянке;

H – число недостающих растений;

$П$ – площадь питания 1 растения, m^2 .

По мнению А. А. Кудрявцевой, так как понятие о нормальном и ненормальном состоянии посева субъективно, то и прибегать к выключкам надо осторожно. Иногда лучше выключить всю делянку, чем делать на ней отдельные выключки.

С. В. Щерба также полагал, что при небольших площадях делянок (от 10 до 20 m^2) делать выключки нет смысла, а необходимо выбраковывать делянки целиком.

Прежде чем приступить к уборке урожая с учётных делянок, убирают защитные полосы, выключки, выбракованные делянки, урожаем с которых выносятся за пределы опытного участка. После такой подготовки приступают к уборке урожая на учётных делянках. Причём уборка на всех делянках должна быть закончена за один, в исключительных случаях за два дня.

В исследовательской работе применяются два метода уборки и учёта урожая – прямой (сплошной) и косвенный (выборочный) и два способа уборки – комбайном и вручную. Метод и способ уборки урожая должны быть одинаковыми для всех вариантов опыта. Исключением из этого правила могут быть только опыты, в которых вопрос изучения сроков и способов уборки урожая является составной частью программы исследований.

Лучшим, более точным и наиболее правильным для различных культур является метод сплошного учёта урожая. При этом урожай каждой делянки взвешивают и учитывают отдельно. Метод применим для учёта урожая всех культур.

В отдельных случаях применяют выборочный метод учёта. Применение этого метода сводится к тому, что учёт урожая проводят по пробному снопу, площадкам, полосам, линейному метру, гнёздам или отдельным растениям. Наиболее точен из них учёт по пробному снопу, который применяют в опытах с зерновыми, прядильными и кормовыми культурами.

Задание 1.15. Определиться с методом уборки и учёта урожая, а также способом уборки в опыте.

Уборку зерновых и зернобобовых проводят малогабаритным самоходным комбайном. Продолжительность работы вхолостую между соседними делянками должна быть не менее трёх – четырёх минут. За это время происходит

полный обмолот колосьев, затаривание зерна из бункера комбайна в мешки и этикетирование.

Бункерный (сырой) урожай взвешивают в поле. Для определения влажности и засорённости с каждой делянки сразу же отбирают среднюю пробу зерна массой не менее одного килограмма. Влажность и засорённость определяют одним из методов, предусмотренных стандартами на зерно. Например, влажность зерна определяют путем высушивания навески в течение 40 минут при температуре 130 °С и выражают в процентах к сырой массе.

Первичная обработка исходных данных включает перерасчёт бункерного урожая с одного килограмма на делянку в центнеры с гектара по формуле (1.5):

$$X = \frac{A}{S} \cdot 100 \quad (1.5)$$

где X – урожайность зерна, ц/га;

A – урожай с одной делянки, кг;

S – площадь делянки, м².

Затем урожайность зерна приводят к 14-процентной влажности и 100-процентной чистоте. Пересчёт урожайности проводят по следующей формуле (1.6):

$$Y = \frac{X \cdot (100 - C) \cdot (100 - B)}{100 \cdot (100 - B_1)} \quad (1.6)$$

где Y – урожайность зерна при 14-процентной влажности и 100-процентной чистоте, т/га;

B – фактическая влажность зерна при уборке, %;

B_1 – влажность, к которой приводится продукция, %;

C – засорённость зерна, %.

Пропашные культуры, как правило, убирают вручную. При учёте кукурузы на зерно с учётной площади делянки убирают все початки, делят их на

три фракции (с зерном полной, восковой спелости и недозрелые) и взвешивают отдельно каждую фракцию. Затем с каждой делянки отбирают по 50 початков с зерном полной и восковой спелости (пропорционально их долям в урожае), взвешивают, обмолачивают и определяют выход зерна.

Урожайность чистого зерна при стандартной 14-процентной влажности рассчитывают по формуле (1.7):

$$X = \frac{Y \cdot П \cdot (100 - В)}{8600} \quad (1.7)$$

где X – урожайность зерна при 14-процентной влажности, ц/га;

Y – урожай початков в полной и восковой спелости, ц/га;

$П$ – выход зерна от урожая початков, %;

$В$ – фактическая влажность зерна, %;

8 600 – коэффициент пересчета урожая початков к урожаю зерна при 14-процентной влажности.

При уборке картофеля и корнеплодов применяют сплошной метод учёта урожая. В случае значительной загрязнённости клубней или корнеплодов необходимо брать пробы массой по 10–15 кг. Отобранные клубни (корнеплоды) взвешивают до и после удаления прилипшей почвы. Затем эти пробы используют для определения качества продукции. Например, для картофеля важно знать товарность урожая, то есть долю (процент) мелких, средних и крупных клубней, содержание в них крахмала, поражённость болезнями, вкусовые достоинства; для корнеплодов – среднюю массу корня, содержание сухих веществ и сахара, процент больных и здоровых корней и т. д.

Урожайность картофеля и корнеплодов рассчитывают по формуле (1.8):

$$X = \frac{Y \cdot В \cdot 100}{S * A} \quad (1.8)$$

где X – урожайность клубнеплодов, корнеплодов, ц/га;

Y – масса клубнеплодов, корнеплодов с делянки, кг;

В – масса пробы клубнеплодов, корнеплодов после промывания и подсушивания, кг;

S – учётная площадь опытной делянки, м²;

А – масса пробы клубнеплодов, корнеплодов до промывания, кг.

Урожай зелёной массы клевера, люцерны, травосмесей, луговых и однолетних трав учитывают сплошным методом. Для определения урожая сена с каждой делянки отбирают пробный сноп массой не менее двух килограмм. Пробные снопы используют также для определения ботанического состава трав и показателей качества урожая.

Урожайность сена приводят к стандартной 16-процентной влажности и вычисляют по формуле (1.9):

$$Y = \frac{X \cdot (100 - B)}{84} \quad (1.9)$$

где Y – урожайность сена при 16-процентной влажности;

X – урожайность зелёной массы трав, ц/га;

B – фактическая влажность зелёной массы в поле, %.

Задание 1.16. На основании индивидуального задания (приложение В) рассчитать урожайность сельскохозяйственных культур, используя формулы (1.5) – (1.9).

При уборке кукурузы на силос растения на учётной площади делянки скашивают и немедленно взвешивают. Для определения в общем урожае зелёной массы доли листьев, стеблей и початков в молочной и восковой спелости с каждой делянки берут пробы по 10–20 растений, разделяют их на составные части, отдельно взвешивают и определяют процентное соотношение их в урожае.

В полевом опыте при прямом методе учёта урожай можно убирать комбайном. Комбайн допускается использовать при уборке сравнительно небольших делянок – от 100 до 300 м². При этом необходимо, чтобы ширина учётной делянки была кратной рабочему захвату комбайна. Для обеспечения разворота комбайна в полевых опытах с большим числом вариантов целесообразно вести уборку на одноименных делянках по повторностям (по вариантам схемы опыта), а при более широких схемах – в пределах одной повторности через шесть – восемь делянок.

Учёт урожая пробными площадками, метровками, отдельными бороздами менее точны и в полевых опытах с удобрениями не применяются. От метода учёта урожая по пробному снопу они отличаются отсутствием взвешивания всего урожая с делянки. Значит, преднамеренно уменьшается площадь делянки, что ведёт к значительному увеличению ошибки опыта.

Полученные при уборке и учёте тем или иным методом урожаи по каждой делянке, пересчитанные в центнеры с гектара, используют для определения средней урожайности. Среднюю урожайность по варианту выводят как простую (а не взвешенную) среднюю арифметическую урожайность по повторностям, независимо от изменения размера учётной площади делянки в результате выключек. Результаты по урожайности обязательно должны быть обработаны статистически, что позволит сделать объективные выводы по изучаемым вариантам.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое выключка? Назовите форму выключки и опишите методику её проведения.
2. Какие работы проводят в опыте прежде чем приступить к уборке урожая с учётных делянок?
3. Назовите методы уборки и учёта урожая и способы уборки.

Занятие 4.8. Документация и отчётность по научному исследованию

Теоретические сведения. Объективность и обоснованность анализа результатов исследований в значительной степени зависят от правильного ведения научной документации и надёжного её хранения.

Виды документов. Вся документация делится на **первичную и основную (сводную)**. К *первичной документации* относят *дневник исследований (полевую книжку) и журнал опыта*. Дополнительными первичными документами могут служить рабочие тетради (в которых ведут все необходимые переписки массовых наблюдений), лабораторные журналы, ведомости учёта, ленты с записями самопишущих приборов и т. д. К *основной документации* относят *научные отчёты, опубликованные статьи, диссертационные и выпускные квалификационные работы и т. д.* В соответствии со спецификой различных областей науки названия и содержание документов могут быть изменены при сохранении деления на первичные и основные (сводные).

Дневник исследований представляет собой книжку-тетрадь (желательно в жесткой обложке), удобную для ношения в кармане или полевой сумке. Размер дневника должен быть таким, чтобы в нём помещались записи результатов всего опыта (краткосрочные опыты) или полного вегетационного периода. При многолетних и длительных опытах заполняют последовательно несколько дневников, которые обязательно нумеруют, указывая год исследований, даты начала и окончания записей.

В дневнике исследований в хронологической последовательности по соответствующим формам ведут все первичные записи результатов инструментальных и визуальных наблюдений, учётов и анализов, проведённых непосредственно в поле, лаборатории, вегетационном домике, теплице. В аналогичной последовательности в дневнике записывают все работы по закладке и проведению опыта (заполнение сосудов, проведение агротехнических работ

на опыте, выключки и т. д.) с указанием объёма и качества работ, применяемых инструментов и техники. В дневнике наблюдений обязательно фиксируют экстремальные атмосферные явления (град, ливень, ураган, суховеи, сильные заморозки и т. д.), случаи вспышек засорённости посевов, степень поражения растений болезнями и повреждения вредителями и т. д. В случае необходимости в дневнике делают зарисовки или приводят фотографии изучаемых объектов. При исправлениях обязательно указывают, кто, когда и по какой причине их внёс.

Журнал опыта заполняют на основе дневника исследований и других документов. В журнал опыта заносят исходную информацию об опыте и его методике (рабочая гипотеза, тема и раздел исследований, год закладки и проведения опыта, где и когда утверждены методика постановки опыта и программа исследований, схема и план опыта). На плане полевых и вегетационных полевых опытов указывают размеры всего опыта, повторений, посевных и учётных делянок, защитных полос между делянками и повторениями, окаймляющих защитных полос, ориентацию опыта по сторонам света, точки (репера) и способ закрепления опыта на местности, направление склона, расположение вариантов на делянках опыта.

Если опыт лабораторный, вегетационный или лизиметрический, указывают состав питательной смеси, субстрат, его массу в сосуде и т. д. При проведении полевых опытов записывают историю и дают характеристику почв участка (тип, подтип почвы, мощность пахотного горизонта и других слоёв почвенного профиля, гранулометрический состав, агрохимические свойства почвы, предшественник, систему удобрений, применявшуюся на участке перед закладкой опыта, и т. д.).

Журнал опыта обязательно должен содержать: перечень всех работ по закладке и проведению опыта (от уборки предшествующей культуры до уборки урожая в опыте) с указанием сроков, способов и качества их выполнения, а также применяемой техники; результаты всех анализов,

наблюдений и учётов в виде таблиц, графиков, рисунков, уравнений; результаты учёта урожая: а) по делянкам; б) в пересчете на гектар; в) в переводе на стандартную влажность и чистоту; результаты статистической обработки опытных данных; предварительные выводы и предложения.

Для каждого опыта заводят отдельный журнал. При многолетних и длительных исследованиях по каждому опыту ведут несколько журналов, при этом журналы нумеруют, указывают даты начала и окончания записей, а также вопросы, отражённые в журнале. Журналы хранят в лаборатории (на кафедре) в специальном шкафу или сейфе. Исправления и подчистки в журнале опыта не допускаются. В случае обнаружения ошибок соответствующие исправления вносят путём зачеркивания неверных данных и вписывания новых. Обязательно указывают, кем, когда и по какой причине внесены исправления. Каждое исправление подкрепляют подписями ответственного исполнителя и руководителя подразделения, в котором проводят исследования. В таком же порядке вносят и дополнения в уже сделанные записи.

Отчёт о научно-исследовательской работе (НИР) представляет собой научно-технический документ, содержащий полные сведения о выполненной работе. Общими требованиями к отчёту являются: чёткость и логическая последовательность изложения материала; убедительность, аргументации; краткость и точность формулировок (должна быть исключена возможность неоднозначного толкования); обоснованность рекомендаций и предложений.

Важный этап любой экспериментальной работы – оформление её результатов в виде краткого отчёта. Для этого служат дневник и журнал полевого опыта. *Отчёт составляют на основании данных журнала полевого опыта.*

Содержание журнала полевого опыта:

Тема опыта, его схема (варианты).

Характеристика опытного участка: а) местонахождение (название хозяйства, севооборот, поле); б) графический план участка (расположение

опытных полос, их длина и ширина, дороги, ориентация по сторонам света); в) рельеф; г) почва (тип, гранулометрический состав, мощность гумусового горизонта и др.); д) история участка (предшественник, засоренность, агротехника за три – пять лет); е) пестрота почвенного плодородия участка.

Условия закладки опыта: а) основная и предпосевная обработка почвы на участке при закладке опыта (вид обработки, время работы, орудия, глубина, число следов); б) семена и подготовка их к посеву (культура и сорт, сортовая чистота, физические свойства, жизнеспособность и всхожесть, обработка семян перед посевом); в) удобрения (название, процентное содержание питательных веществ, подготовка удобрений, время внесения, способ внесения и заделка, машины), посев (дата, марка сеялки, прикатывание).

Работы, проводимые на опытном участке: даты, наименование работ, агротехника, тракторы, машины и орудия, объём выполненных работ, качество и др.

Наблюдения за посевами и проведённые исследования в поле: записывают данные, взятые из полевых тетрадей, по опытным полосам тех вариантов и повторностей, на которых проводились наблюдения или исследования.

Лабораторные исследования и учёты: записывают по вариантам и повторностям опыта на основании данных, имеющихся в лабораторных тетрадях (после их обработки).

Уборка урожая: время, способы уборки и обмолота, машины, объём работ и их качество. Особенности уборки.

Учёт урожая: площади опытных полос, площади выключек, учётная площадь опытных полос, урожай зерна (клубней, корней, зелёной массы) с опытной полосы и в пересчёте в тонны на гектар, качественная оценка урожая (по данным исследования), урожайность побочной продукции (солома, мякина, ботва и пр.).

Оценка полученных данных, выводы и предложения по опыту: достоверность данных по наблюдениям и урожаям, выбраковка в некоторых из них с

объяснением причин, математическая, агротехническая и экономическая оценка полученных данных, выводы и предложения.

К отчёту по полевому опыту предъявляются следующие основные требования: наличие ведущей идеи (гипотезы), фактическая достоверность полученных данных, логическая последовательность, ясность, краткость и убедительность изложения. **В отчёте необходимо указать: цель и значение исследования; краткую историю вопроса; схему, условия и методику опытов и наблюдений; основные результаты работы; выводы и предложения; список использованной литературы.**

Задание 1.17. На основании всех контрольных заданий первого раздела составить журнал полевого опыта согласно содержания и требований к нему.

Вопросы для самоконтроля

1. От чего зависят объективность и обоснованность анализа результатов исследований?
2. Назовите виды документов по ведению полевого опыта.
3. Что представляет собой дневник исследований?
4. Что должен содержать дневник исследований?
5. Что должен содержать журнал опыта?
6. Назовите правила ведения дневника исследований и журнала опыта.
7. Что представляет собой отчёт о научно-исследовательской работе (НИР)? На основании каких данных заполняется отчёт по НИР?
8. Какова структура журнала полевого опыта?
9. Назовите основные требования к отчёту по полевому опыту.

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Занятие 1. Сущность и алгоритм дисперсионного анализа

Теоретические сведения. Международным обозначением дисперсионного анализа служит английская аббревиатура ANOVA (анализ вариации). Сущность дисперсионного анализа заключается в разложении общей вариации (общей суммы квадратов отклонений) и общего числа степеней свободы по структурным элементам эксперимента с целью оценки существенности действия (взаимодействия) изучаемых факторов (вариантов) путём сопоставления соответствующих дисперсий и расчетных F -критериев с контрольным и (табличными).

Фактическое (расчётное) значение F получают из отношения дисперсий изучаемого фактора и ошибки ($F = \frac{s_U^2}{s_E^2}$). Контрольные значения берут в соответствии с принятым уровнем значимости, числом степеней свободы для дисперсий числителя и знаменателя (α ; $ss1$ и $ss2$).

Поскольку дисперсионный анализ является параметрическим методом, его применение обусловлено следующими предпосылками: 1) нормальным распределением значений признака в совокупности; 2) случайным размещением вариантов по экспериментальным единицам (делянкам в полевом опыте); 3) независимостью, или не сопряженностью, выборок (вариантов).

В статистике имеются критерии контроля «нормальности» данных, однако оснований для их применения нет до тех пор, пока объёмы выборок не будут достаточно большими. Независимость предполагает отсутствие связи между величинами и ошибок по вариантам. Поскольку соседние делянки в по-

левом опыте склонны к большей зависимости между собой, чем с другими деланками, то важно избежать размещения одноимённых вариантов на соседних деланках.

В зависимости от природы изучаемого фактора различают две принципиальные модели дисперсионного анализа.

В модели I градациями фактора, или вариантами, служат четко фиксируемые дозы удобрений, сорта и т. д. Нулевую гипотезу записывают следующим образом. $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_u$, то есть варианты, или выборки опыта не различаются существенно и составляют одну генеральную совокупность (u – число вариантов).

В модели II градациями фактора служат случайные выборки. $H_0: \sigma_u = 0$ (дисперсия вариантов равна нулю). Например, вариабельность сорта (различия урожайности) по случайно выбранным регионам возделывания.

Для многофакторных опытов возможны смешанные модели, например, сорта и зоны возделывания. Аналогичная ситуация складывается в однофакторном полевом опыте при наличии повторений, контролируемых источников вариации.

Краткий вид моделей дисперсионного анализа представляют уравнения сумм квадратов отклонений и соответствующих степеней свободы.

Алгоритм простого одноблочного дисперсионного анализа (даты суммируют только по строкам) следующий:

1. Подготовка таблицы для исходных данных, сумм и средних.
2. Определение общего числа дат (наблюдений) ($N = u \cdot n$).
3. Нахождение сумм по каждому варианту ($V_i = \sum y_i$), средних по вариантам ($\bar{y}_i = \frac{\sum y}{n}$) и общей средней по опыту ($\bar{y}_0 = \frac{\sum y_{ij}}{N}$).
4. Расчёт корректирующего члена, или поправки ($\Delta = \frac{(\sum y)^2}{N}$).

5. Нахождение квадратов исходных дат (y^2) и сумм квадратов отклонений (сумма квадратов минус поправка), или общей вариации ($CKO = \sum y^2 - \Delta$).

6. Возведение сумм по вариантам в квадрат (V^2) и их суммирование ($\sum V^2$).

7. Усреднение суммы квадратов для вариантов путем деления на повторность – n (число слагаемых) и вычитание поправки, то есть нахождение вариации вариантов ($CKV = \frac{\sum V^2}{n} - \Delta$).

8. Определение остаточной (случайной) вариации ($CKE = CKO - CKV$).

9. Оценка долевой вариации в процентах от общей вариации ($\frac{CKV}{CKO} \cdot 100$ и $\frac{CKE}{CKO} \cdot 100$).

10. Разложение общего числа степеней свободы (ccO):

$N - 1$ (общее) = $u - 1$ (вариантов) + $N - u$ (остаток) или

$N - 1 = u - 1 + u \cdot (n - 1)$.

11. Определение средних квадратов (дисперсии) вариантов и остатка путём деления сумм квадратов на число степеней свободы:

$$S_u^2 = \frac{CKV}{u-1} \text{ и } S_E^2 = \frac{CKE}{u \cdot (n-1)}.$$

12. Расчет F-критерия ($F = \frac{S_u^2}{S_E^2}$) и определение его контрольного (табличного) значения в соответствии с числом степеней свободы числителя и знаменателя и уровнем доверия ($F_T(ccV \text{ и } ccE; 1 - \alpha)$). В общем случае число степеней свободы для большей дисперсии (числителя) символизирует ($cc1$), а для меньшей дисперсии (знаменателя) показывает ($cc2$). ccV принимают за $cc1$, а ccE – за $cc2$.

13. Сведение всех СК, S^2 и F в итоговую таблицу дисперсионного анализа.

14. Сопоставление F с табличным значением и отклонение или принятие H_0 .

15. Для оценки точности опыта дополнительно рассчитывают:

а) степень вариации ($V = \sqrt{S_E^2} \cdot \frac{100}{y_0}$);

б) точность опыта (относительную ошибку средних) ($E = \sqrt{\frac{S_E^2}{n} \cdot \frac{100}{y_0}}$).

Если $V < 7\%$, а $E < 3\%$, точность опыта считается высокой.

Двухблочную или факторную модель дисперсионного анализа (даты суммируют по строкам и колонкам) используют при наличии в плане опыта двух изучаемых факторов (план двухфакторного опыта) или изучаемого и контролируемого факторов (план однофакторного опыта). Каждый вариант (доза фактора) встречается один раз в каждом блоке (повторении), а дозы двух факторов сочетаются по строкам (i) и столбцам (j) во взаимно перпендикулярном направлении. Таблицу с подобным размещением градаций двух факторов называют таблицей-решёткой. С помощью повторений «блокируют» влияние плодородия почвы (полевой опыт) или другое на изучаемый фактор. Это снижает случайную вариацию и устраняет систематическую ошибку.

Вопросы для самоконтроля

1. В чём заключается сущность дисперсионного анализа?
2. Какими предпосылками обусловлено применение дисперсионного анализа?
3. Сколько различают принципиальных моделей дисперсионного анализа?
4. Какая модель дисперсионного анализа применяется при статистической обработке опытов с удобрениями?

Занятие 2. Дисперсионный анализ результатов опыта

Теоретические сведения. Дисперсионный анализ в биологических исследованиях впервые введён английским учёным Р. А. Фишером. Основная цель анализа заключается в раскрытии смысла результатов эксперимента, то есть в определении точности и достоверности исследований. В настоящее время предложено множество модификаций метода Р. А. Фишера. В нашей стране наиболее распространены модификации В. Н. Перегудова и Б. А. Доспехова. При всех выбранных способах обработки результатов исследований основные статистические характеристики эксперимента, выраженные в центнерах, тоннах и процентах, получаются одинаковыми.

В основе дисперсионного анализа (вариации), или анализа рассеяния, лежит предположение, что опыт достоверен тогда, когда рассеяние между вариантами (колебания урожайности) больше, чем между повторностями одного варианта. *Если изменения урожайности по делянкам от случайных причин превышают изменения, вызываемые факторами, изучаемыми в опыте (виды, формы, дозы удобрений и др.), то такой опыт считается недостоверным.* Дисперсионный анализ (анализ рассеяния) позволяет экспериментатору определить степень влияния факторов в отдельности и суммарного их воздействия на изменчивость изучаемого признака. В опытах с удобрениями таким признаком является урожайность.

Если опыт проведён с соблюдением методических требований, можно предполагать, что грубых ошибок нет, а систематические ошибки сведены к минимуму, урожайность параллельных делянок приближается к истинной величине урожайности изучаемого варианта, образуя при большом числе параллельных показаний кривую нормального распределения показаний. Среднее арифметическое из всех параллельных данных урожайности также приближается к истинному значению варианта. Ввиду того, что в опытах нет больших

чисел параллельных наблюдений, наши средние из третьего, четвёртого и пятого повторений или более далеки от истинной урожайности. Однако зная, что показания урожайности определённым образом располагаются вокруг истинного среднего, можно установить вероятность отклонений эмпирической средней на ту или иную величину от истинной урожайности. На рисунке 2.1 представлена кривая нормального распределения показаний при бесконечно большом числе определений (кривая Гаусса).

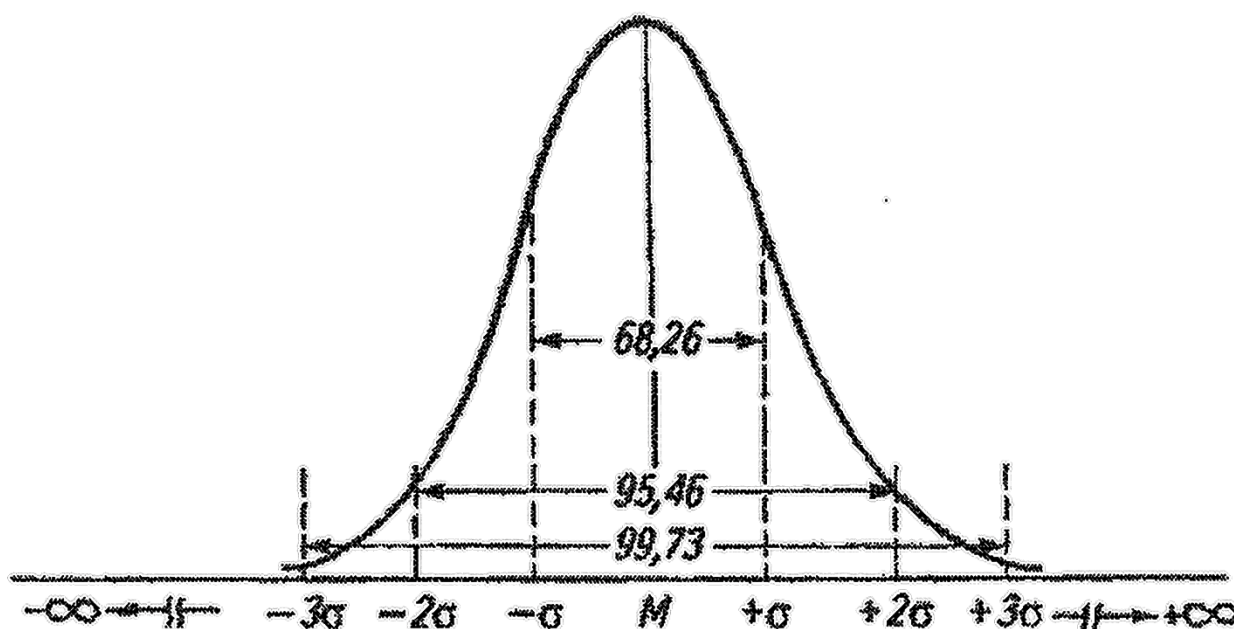


Рисунок 2.1 – Кривая Гаусса

Точка перегиба кривой, где она переходит из выпуклой в вогнутую, соответствует квадратическому основному отклонению (σ). Число показаний, которое отклоняется от среднего арифметического больше чем на $(\pm 2\sigma)$, равно одной третьей общего числа показаний. Отклонение больше чем на $(\pm 2\sigma)$ встречается в $1/22$ всех определений, их отклонение от среднего больше чем на $(\pm 3\sigma)$ встречается только один раз из 370 случаев.

В опытах с удобрениями применяют не менее трёх повторений и всегда рассчитывают среднее из них. В таком случае достоверность нашего определения возрастает пропорционально квадратному корню из числа определений.

Характер распределения средних по вариантам вокруг истинного среднего остаётся таким же, что и распределения вокруг отдельных показаний, но кривая при этом сжимается около точки M , так как величина основного отклонения (σ) становится меньше.

На оси абсцисс в обе стороны от средней арифметической (M) отложены величины отклонений от её отдельных показаний. Больше всего показаний располагается вблизи средней арифметической. Кривая имеет выпуклую форму, которая переходит в вогнутую. По мере увеличения отклонения от среднего, число показаний, сильно разнящихся от среднего, становится меньше.

Квадратическое отклонение от среднего называется квадратической ошибкой (m) и определяется по формуле (2.1):

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.1)$$

где σ – среднее квадратичное отклонение;

n – повторность опыта.

Если опыт ставится в трёхкратной повторности, то точность его возрастает в 1,7, в четырёхкратной – в 2, в восьмикратной – в 2,8 раза. Если опыт ставится в однократной повторности, точность опыта определить нельзя.

Экспериментатору приходится показывать абсолютную величину урожайности и сравнивать между собой арифметические показания различных вариантов опыта. Для этого определяют достоверности разницы средних арифметических. Например, если ошибка среднего варианта (M_1) равна ($\pm m_1$), а ошибка другого среднего (M_2) равна ($\pm m_2$), то ошибка разности (md) средних ($M_1 - M_2$) будет равна ($md = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$), то есть она больше, чем ошибка одного среднего.

Допускается ошибку средних вычислять в целом по опыту. Ошибка разности в этом случае становится ошибкой опыта ($M_{\text{опыта}}$) и находится по формуле (2.2):

$$M_{\text{опыта}} = md \pm \sqrt{2 \cdot m^2} = \pm m\sqrt{2} = \pm \frac{1,4}{m} \quad (2.2)$$

В полевых опытах изменчивость поделаночных урожаев обусловлена тремя факторами (причинами):

- 1) действием изучаемого фактора (удобрения) – рассеяние по вариантам;*
- 2) плодородием почвы каждого повторения – рассеяние по повторностям;*
- 3) случайными причинами (неточность измерений, неравномерность посевов, индивидуальная изменчивость растений и т. д.) – остаточное рассеяние.*

Таким образом, на результатах любого сельскохозяйственного опыта помимо изучаемого фактора сказываются пестрота почвенного плодородия, неоднородность действия агротехнических приемов, индивидуальные особенности растений, а также ошибки, возникающие при использовании несовершенных измерительных приборов, машин и техники.

При проведении полевых и вегетационных опытов с удобрениями (как бы тщательно их ни ставили) всегда наблюдается варьирование урожаев параллельных делянок и вегетационных сосудов одноименных вариантов. Причиной такого варьирования являются разного рода ошибки. **Различают случайные, систематические и грубые ошибки.**

Случайные ошибки – это ошибки, возникающие в результате неоднородности почвенного плодородия, индивидуальной изменчивости растений, случайных механических повреждений растений, поражений растений болезнями и др. Таких ошибок полностью избежать не удаётся, но при соблюдении всех агротехнических приёмов и требований при постановке опыта их можно свести к минимуму.

Систематические ошибки в полевом опыте обусловлены различным плодородием почвы опытного участка. Они завышают или занижают урожайность. Различают три типа (вида) систематической ошибки:

- 1. Сплошная, захватывающая все варианты всех повторений опыта.*
- 2. Захватывающая все варианты одного или нескольких повторений.*
- 3. Затрагивающая лишь некоторые варианты.*

При сплошной систематической ошибке сравнимость результатов не нарушается, хотя сами результаты получаются завышенными или заниженными.

Второй вид систематической ошибки определяется различным плодородием почвы разных повторений опыта, при статистической обработке исключается из общего варьирования.

Систематическая ошибка третьего вида нарушает сравнимость вариантов, делает результаты опыта недостоверными.

Для того чтобы избежать систематических ошибок, необходимы детальное почвенное и агрохимическое обследование участка, проведение уравнительных и рекогносцировочных посевов.

Грубые ошибки возникают в результате нарушения основных требований к полевому опыту. Примером грубой ошибки могут служить внесение на делянку неверно рассчитанной дозы удобрений или внесение удобрений дважды на одну делянку, высев на делянке семян другого сорта и т. д. Такие допущенные ошибки устранить нельзя, испорченные делянки исключают, в агрономическую и математическую обработку результаты не вносят.

Прежде чем начать проводить дисперсионный анализ, необходимо привести результаты опыта к сравнимому виду, то есть «восстановить» выпавшие делянки (если они имелись при учёте урожайности). Расчёты рекомендуют вести в следующей последовательности:

1. Находят суммы и средние урожаи по повторностям для вариантов с полным набором делянок. Средние урожаи по повторностям сравнивают между собой. Их различия обусловлены, главным образом, варьированием плодородия почв.

2. Вычисляют средние урожаи вариантов с выпавшими данными по фактическому числу повторений.

3. Определяют средние урожаи по вариантам с полным набором делянок для тех же повторностей и рассчитывают средние эффекты вариантов с выпавшими данными урожайности (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Восстановление урожайности яровой пшеницы с выпавших делянок
В центнерах с гектара

Вариант опыта	Урожайность по повторностям				Средняя урожайность по вариантам с выпавшими делянками	
	1	2	3	4	вариант 2	вариант 4
Контроль без удобрений	12,8	13,4	11,8	12,7	—	—
N ₃₀	16,5	15,4	(14,9)	14,6	15,5	—
N ₃₀ P ₃₀	19,4	20,2	20,8	21,1	—	—
N ₆₀ P ₃₀	26,5	(27,1)	26,2	27,3	—	26,6
N ₉₀ P ₃₀	29,2	30,1	28,7	30,6	—	—
Сумма по повторностям с полным набором делянок (1+3+5)	61,4	63,7	61,3	64,6	—	—
Средняя урожайность по повторностям ($\frac{1+3+5}{3}$)	20,4	21,2	20,4	21,5	Поправки (эффект) вариантов	
					–5,5	+5,9
Восстановленная урожайность					20,4–5,5=14,9	21,2+5,9=27,1

Средняя урожайность для второго варианта, где выпала делянка третьего повторения (по горизонтали), равна $(16,5 + 15,4 + 14,6) : 3 = 15,5$ ц/га, а средняя урожайность без данных третьего повторения (по вертикали), равна $(20,4 + 21,2 + 21,5) : 3 = 21,0$ ц/га.

Средняя урожайность для четвёртого варианта, где выпала делянка второго повторения, равна $(26,5 + 26,2 + 27,3) : 3 = 26,6$ ц/га, а средняя урожайность без данных второго повторения, равна $(20,4 + 20,4 + 21,5) : 3 = 20,7$ ц/га.

Сопоставлением двух чисел $(15,5 - 21,0 = -5,5)$ и $(26,6 - 20,7 = 5,9)$ находят средний эффект второго и четвёртого вариантов с выпавшими делянками. Необходимо полагать, что если бы делянка в третьем повторении второго варианта дала нормальную урожайность, то она примерно на 5,5 ц/га была бы меньше, чем средняя урожайность остальных вариантов в этом повторении $(20,4 - 5,5 = 14,9$ ц/га). Аналогично рассчитывается урожайность для четвёртого варианта $(21,2 + 5,9 = 27,1$ ц/га).

Эти данные представляют теоретическую урожайность на выпавших делянках, и в таблице их заключают в скобки. При составлении таблиц для дисперсионного анализа число степеней свободы уменьшают на число выпавших делянок.

Задание 2.1. На основании индивидуальных заданий представленных в приложении Д восстановить урожайность с выпавших делянок.

Вопросы для самоконтроля

1. Кто впервые ввёл в биологических исследованиях дисперсионный анализ?
2. Какова цель дисперсионного анализа?
3. Какие бывают модификации дисперсионного метода в России?
4. Назовите основу дисперсионного анализа.
5. Что показывает кривая Гаусса?
6. Какие причины влияют на изменчивость поделяночных урожаев в полевых опытах?
7. Какие бывают виды ошибок при проведении полевых опытов с удобрениями?
8. Что такое случайная ошибка полевого опыта?
9. Что такое грубая ошибка полевого опыта?
10. Что такое систематическая ошибка полевого опыта?

Занятие 3. Статистическая обработка результатов полевого опыта
методом дисперсионного анализа
в изложении В. Н. Перегудова и Б. А. Доспехова

1. Составляют таблицу (табл. 2.2), в которую вносят поделяночные урожаи (в ц/га или т/га) с точностью до десятой доли единицы, то есть не допускается ставить урожайность округлённой цифрой, например, не 12 ц/га, а 12,0 ц/га.

Таблица 2.2 – Влияние доз азотных удобрений на урожайность яровой пшеницы

Вариант опыта	Урожайность, ц/га, по повторностям				S	Среднее
	1	2	3	4		
Без удобрений	12,8	13,4	11,8	12,7	50,7	12,7
P ₆₀ K ₆₀ (фон)	16,2	15,4	14,8	14,6	61,0	15,2
Фон + N ₃₀	19,4	20,2	20,8	21,1	81,5	20,4
Фон + N ₆₀	26,5	27,4	26,2	27,3	107,4	26,8
Фон + N ₉₀	29,2	30,1	28,7	30,8	118,8	29,7
P	104,1	106,5	102,3	106,5	Q = 419,4	M = 20,9

2. Вычисляют суммы: по вариантам опыта (S), по повторностям (P) и общую сумму всех поделяночных урожаев (Q). Последнюю в целях проверки вычисляют дважды: как сумму величин S и как сумму величин P ($\sum S = \sum P = Q$).

3. Вычисляют средние по вариантам делением соответствующих значений (S) на повторность (в данном примере она составляет четыре). Средние выписывают с тем же числом знаков, что и первоначальные данные урожайности. Делением общей суммы урожаев (Q) на число делянок опыта ($n \cdot l$) получают среднюю урожайность по опыту (M). В данном случае, n выступает числом повторений, l – числом вариантов. Тогда, средняя урожайность по опыту составит $(\frac{419,4}{20 \cdot 1})$ 20,9 ц/га.

4. Выбирают произвольное начало (A), за которое берут среднее значение из максимального и минимального чисел таблицы 2.2:

$(11,8 + 30,8) : 2 = 21,3$ ц/га.

5. Составляют таблицу 2.3, куда вносят отклонения поделяночных данных от произвольного начала, ставя знак минус, если урожайность меньше произвольного начала.

Таблица 2.3 – Отклонения от произвольного начала

Вариант опыта	Повторность				S
	1	2	3	4	
Без удобрений	–8,5	–7,9	–9,5	–8,6	–34,5
P ₆₀ K ₆₀ (фон)	–5,1	–5,9	–6,5	–6,7	–24,2
Фон + N ₃₀	–1,9	–1,1	–0,5	–0,2	–3,7
Фон + N ₆₀	+5,2	+6,1	+4,9	+6,0	+22,2
Фон + N ₉₀	+7,9	+8,8	+7,4	+9,5	+33,6
P	–2,4	0,0	–4,2	0,0	Q = –6,6

6. Подсчитывают, по аналогии с таблицей 2.2, суммы отклонений по вариантам опыта (S), по повторностям (P) и общую сумму всех поделяночных урожаев (Q). Правильность вычислений проверяют, пользуясь тем, что если к величине S или P прибавить произвольное начало (A), умноженное на число суммарных чисел, то есть на n (повторность) или l (число вариантов), то должны получиться соответствующие значения S и P таблицы 2.2. Для первого варианта (без удобрений) получим:

$$(21,3 \cdot 4 - (-34,5) = 50,7) \text{ или } (21,3 \cdot 4 - (-2,4) = 104,1).$$

Так поступают с каждым вариантом и повторностью, получая значения S и P таблицы 2.2. Если цифры не совпадают, значит, в расчетах допущены ошибки.

7. Составляют таблицу 2.4, куда в соответствующем порядке вносят квадраты чисел из таблицы 2.3. Квадраты всех чисел положительны.

8. Суммируют квадраты поделяночных отклонений по столбцам, то есть по вариантам и повторениям, которые, в свою очередь, складывают, и получают общую сумму квадратов. Для данного примера ($\sum(\sum y^2) = 861,05$). Точно также суммируют величины S^2 и находят значение 3 411,38; величины

P^2 , и в результате получают 23,40. Затем возводят в квадрат величину Q таблицы 2.3, и в итоге имеют 43,56. Для проверки вычислений расчёты рекомендуют провести дважды, и только при получении равнозначных показателей можно продолжить дальнейшие действия.

Таблица 2.4 – Квадраты отклонений урожаев от произвольного начала

Вариант опыта	Повторность				Σy^2	S^2
	1	2	3	4		
Без удобрений	72,25	62,41	90,25	73,95	298,86	1190,25
$P_{60}K_{60}$ (фон)	26,01	34,81	42,25	44,89	147,96	585,64
Фон + N_{30}	3,61	1,21	0,25	0,04	5,11	13,69
Фон + N_{60}	27,04	37,21	24,01	36,00	124,26	492,84
Фон + N_{90}	62,41	77,44	54,76	90,25	284,86	1128,96
Σy^2	191,32	213,08	211,52	245,13	$\Sigma(\Sigma y^2) = 861,05$	$\Sigma S^2 = 3411,38$
P	5,76	0,00	17,64	0,00	$\Sigma P^2 = 23,40$	$Q^2 = 43,56$

9. Полученные данные выписывают в следующей последовательности:

$$\begin{array}{lcl}
 n \cdot l = 4 \cdot 5 = 20 & \sum (\sum y^2) = 861,05 & \\
 n = 4 & \sum P^2 = 23,40 & \\
 l = 5 & \sum S^2 = 3411,38 & \\
 & Q^2 = 43,56 &
 \end{array}$$

Далее определяют:

а) сумму квадратов общего рассеяния (C_y):

$$\frac{(N \cdot l \cdot \sum (\Sigma y^2) - Q^2)}{n \cdot l} = \frac{20 \cdot 861,05 - 43,56}{20} = 858,87$$

б) сумму квадратов рассеяния повторений (C_p):

$$\frac{(n \cdot \sum P^2 - Q^2)}{n \cdot l} = \frac{4 \cdot 23,40 - 43,56}{20} = 2,50$$

в) сумму квадратов рассеяния вариантов (C_v):

$$\frac{(l \cdot \sum S^2 - Q^2)}{n \cdot l} = \frac{5 \cdot 3411,38 - 43,56}{20} = 850,66$$

При проведении статистической обработки методом анализа рассеяния вводят статистический показатель – число степеней свободы, обозначаемый

буквой (Y). Разделив сумму квадратов отклонений на число степеней свободы, получают средний квадрат, или дисперсию.

Общее число степеней свободы по остатку:

$$Y_{\text{ост}} = n \cdot l - 1 = 4 \cdot 5 - 1 = 19$$

Общее число степеней свободы для рассеяния повторений:

$$Y_N = n - 1 = 4 - 1 = 3$$

Общее число степеней свободы для рассеяния вариантов:

$$Y_l = l - 1 = 5 - 1 = 4$$

10. Составляют таблицу анализа рассеяния, куда вносят в соответствующие графы вычисленные результаты сумм квадратов и степени свободы (табл. 2.5).

Таблица 2.5 – Таблица анализа рассеяния

Вид рассеяния	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	$F_{\text{фактический}}$	$F_{\text{табличный}}$
Общее (C_y)	855,87	19	—	—	—
Повторений (C_p)	2,50	3	—	—	—
Вариантов (C_v)	850,66	4	σ_v^2	452,46	2,9
Остаточное (C_z)	5,71	12	σ_z^2	—	—

Остаточное рассеяние (S_z) получают на основе вычитания из суммы квадратов общего рассеяния сумм квадратов рассеяния повторений и рассеяния вариантов ($855,87 - 2,50 - 850,66 = 5,71$).

Степень свободы остаточного рассеяния определяют также путем вычитания из степени свободы общего рассеяния степеней свободы рассеяния повторений и рассеяния вариантов ($19 - 3 - 4 = 12$).

Далее находят средний квадрат для вариантов ($\frac{850,66}{4} = 212,66$) и средний квадрат для остатка ($\frac{5,71}{12} = 0,47$).

Для установления достоверности действия изучаемых в опыте факторов в целом по опыту находят критерий существенности Фишера (F). Различают F (фактический) и F (теоретический, табличный или стандартный).

Критерий существенности Фишера F (фактический) равен отношению среднего квадратического отклонения вариантов (σ_v^2) к среднему квадратическому отклонению остатка (σ_z^2).

В нашем примере он составляет $(\frac{212,66}{0,47}) 452,46$.

Критерий F (фактический) сравнивают с критерием F (табличным). Если F (фактический) больше F (табличного), то различия между вариантами опыта будут существенными. В этом случае, следует находить достоверность различий между отдельными вариантами, сравниваемыми между собой.

Если F (фактический) меньше F (табличного), опыт проведён с большими погрешностями, дальнейшая обработка результатов опыта положительных результатов не даст.

F (табличный) находят в таблицах Фишера (приложения Е, Ж) на пересечении числа степеней свободы большого квадрата (вариантов, по горизонтали) и меньшего квадрата (остатка, по вертикали). Для нашего примера F (табличный) составляет 3,49, то есть он намного меньше F (фактического), поэтому вычисления основных статистических показателей следует проводить.

11. Для определения относительной ошибки (точности опыта) и наименьшей существенной разницы и для установления достоверности вариантов проводят следующие вычисления:

1) определяют среднее квадратическое отклонение, которое характеризует ошибку урожая с единичной делянки в среднем по всему опыту, с учётом формулы (2.3):

$$\sigma = \sqrt{Q_z^2} \quad (2.3)$$

В нашем случае среднее квадратическое отклонение составит 0,68 ц/га ($\sqrt{0,47}$).

2) находят ошибку средних урожаев в среднем по всему опыту по формуле (2.4):

$$m = \frac{Q}{\sqrt{n}} \quad (2.4)$$

В нашем случае ошибка средних урожаев будет равна 0,34 ц/га (0,68: 2).

3) вычисляют коэффициент вариации, устанавливающий процент, который характеризует ошибку единичного наблюдения, применяя формулу (2.5):

$$V = \frac{Q \cdot 100}{M} \quad (2.5)$$

С учётом нашей задачи коэффициент вариации составит 3,25 (0,68 · 100: 20,9).

4) вычисляют относительную ошибку средней (точность опыта) по формуле (2.6):

$$m = \frac{n \cdot 100}{M} \quad (2.6)$$

При наших условиях точность опыта равна 1,6 % (0,34 · 100: 20,9); опыт считается проведенным с высокой точностью, когда относительная ошибка составляет от 1 до 9 %.

5) для установления достоверных различий между средними урожаями, и прежде всего между контролем и изучаемыми вариантами, вычисляют ошибку разности по формуле (2.7):

$$md = m\sqrt{2} \quad (2.7)$$

В нашем случае ошибка разности составит 0,48 ц/га ($0,34 \cdot 1,41$).

Затем вычисляют наименьшую существенную разницу (НСР) в зависимости от принятого уровня вероятности (0,95 или 0,99). Для полевых опытов уровень вероятности принимают равным 95 %, а для лабораторных – 99 %.

Принятый уровень вероятности проставляют в нижнем правом углу индекса НСР (НСР_{0,95}, НСР₀₅, НСР₉₅). Уровень вероятности иногда называют уровнем существенности, и его находят в таблицах Стьюдента (приложение И). Он зависит от числа степеней свободы остатка. Таким образом, наименьшая существенная разница при уровне вероятности 95 % для нашего опыта будет выглядеть следующим образом ($2,2 \cdot 0,48 = 1,06$ ц/га).

В рассматриваемом опыте все варианты достоверны, доказуемы, так как прибавки к абсолютному контролю (без удобрений), фону и даже между вариантами с дозами азотных удобрений превышают вычисленную НСР_{0,95}.

В таблицах с данными урожайности относительную ошибку опыта (m%) и наименьшую существенную разницу (НСР_{0,95}) проставляют внизу колонки с указанием прибавок (в ц/га или т/га).

Дисперсионный анализ в изложении Б. А. Доспехова. Основные статистические показатели, получаемые при дисперсионном анализе в изложении Б. А. Доспехова, их цифровые значения такие же, как по В. И. Перегудову.

Общее варьирование поделаночных урожаев выражается в обоих случаях формулой (2.8):

$$C_y = C_V + C_P + C_Z \quad (2.8)$$

где C_y – сумма квадратов отклонений общего рассеяния;

C_V – сумма квадратов рассеяния вариантов;

C_P – сумма квадратов рассеяния повторений;

C_Z – сумма квадратов остаточного рассеяния.

Разница в методиках состоит в том, что при составлении первых трёх таблиц (табл. 2.2 – 2.4) и расчётах частных различий Б. А. Доспехов использует

другие обозначения (индексы), а при определении видов варьирования (сумм квадратов) применяет корректирующий фактор (поправка на введение условного начала).

Корректирующий фактор определяют с использованием формулы (2.9):

$$C = \frac{(\sum V_A)^2}{N \cdot l} \quad (2.9)$$

С учётом нашей задачи корректирующий фактор составит $2,18 \left(\frac{(-6,6)^2}{20} \right)$.

При определении суммы квадратов рассеяния Б. А. Доспехов устанавливает использование зависимостей:

а) сумма квадратов общего рассеяния (C_y):

$$\sum (X - A)^2 = 861,05 - 2,18 = 858,87$$

б) сумма квадратов рассеяния повторений (C_p):

$$\frac{\sum (P_A)^2}{l} - C = \frac{23,40}{5} - 2,18 = 2,50$$

в) сумма квадратов рассеяния вариантов (C_v):

$$\frac{\sum (\sum V_A^2)}{n} - C = \frac{3411,38}{4} - 2,50 = 850,66$$

г) остаточное рассеяние (S_z) также получают на основе вычитания из суммы квадратов общего рассеяния сумм квадратов рассеяния повторений и рассеяния вариантов с использованием формулы (2.8):

$$858,87 - 2,50 - 850,66 = 5,71$$

Дальнейший ход вычислений остаётся таким же, как у В. И. Перегудова. Относительную ошибку опыта по Б. А. Доспехову определяют по формуле (2.10):

$$S_{\bar{X}} = \frac{S_X \cdot 100}{\bar{X}} \quad (2.10)$$

где $S_{\bar{X}}$ – ошибка опыта;

$\bar{X}$ – средняя урожайность по опыту, ц/га или т/га.

С учётом нашей задачи относительная ошибка опыта составит: 1,6 %
($0,34 \cdot 100: 20,9$).

Задание 2.2. На основании индивидуальных заданий, представленных в приложении Д, провести статистическую обработку данных полевого опыта.

Вопросы для самоконтроля

1. Что обозначают обозначения S , P , Q в дисперсионном анализе?
2. Что обозначают обозначения M , n , l в дисперсионном анализе?
3. Что обозначают обозначения C_y , C_p , C_v в дисперсионном анализе?
4. Что обозначают обозначения $Y_{\text{ост}}$, Y_n , Y_l в дисперсионном анализе?
5. Что находят для установления достоверности действия изучаемых в опыте факторов в целом по опыту?
6. Для определения относительной ошибки (точности опыта) и наименьшей существенной разницы для установления достоверности вариантов проводят следующие вычисления. Приведите алгоритм вычислений.
7. Что такое наименьшая существенная разница (НСР)?

Занятие 4. Корреляция и регрессия в агрохимических исследованиях

Теоретические сведения. Дисперсионный анализ данных урожайности позволяет определить точность опыта и достоверность (доказуемость) испытываемых вариантов. Не менее важной задачей в исследованиях является установление взаимосвязи урожайности с факторами, влиявшими на неё.

Анализ корреляции в научном исследовании состоит из двух частей: собственно, корреляции и регрессии. Регрессия позволяет установить количественное изменение одного признака, обусловленное изменением другого, то есть уравнение и форму связи. Простая линейная регрессия базируется на уравнении прямой линии $y = a + bx$. Уравнение регрессии используют в качестве описания:

1) производственной функции (кривой отклика), или оптимизационной модели; например, зависимости урожайности культуры от срока посева и уборки, внесения удобрений, пестицидов, густоты посева и других агротехнических приемов;

2) трендов и автокорреляций, то есть развития изучаемого признака во времени; при этом на оси абсцисс откладывают отрезки времени: часы, дни, декады, месяцы, годы, а на оси ординат – значения признака;

3) причинно-следственной зависимости, или прогностической модели; например, зависимости урожайности от количества осадков и температурного режима в определенные периоды вегетации растений;

4) зависимости между признаками одного объекта; например, связь между массой семян и длиной колоса, количеством зёрен в колосе и массой одной тысячи зёрен, плотностью почвы и содержанием в ней гумуса, поражённостью болезнями (поврежденностью вредителями) и урожайностью культуры и т. д.

Множественной корреляцией называют такую, когда исследуют связь урожайности с несколькими факторами, например, с содержанием азота, фосфора, калия и других элементов в почве. По форме корреляционная связь может быть прямолинейной и криволинейной, по направлению – прямой и обратной.

Под прямолинейной корреляцией понимают такую зависимость, когда с увеличением средней величины результативного признака (урожайности) увеличивается средняя величина другого (содержание азота в почве) или, наоборот, с увеличением одного признака уменьшается средняя величина другого. В первом случае величина называется прямой или положительной, во втором – обратной или отрицательной.

При определении тесноты связи в агрохимических исследованиях результативный признак (урожайность) принимают за Y (функция), а признаки, с которыми устанавливается связь, обозначают индексом X (аргумент).

Связь между функцией и аргументом выражают уравнением регрессии, или корреляционным уравнением. При простой регрессии уравнение имеет вид: $Y = f(X)$, а при множественной: $Y = f(X, Z, V)$.

Для оценки тесноты (силы) связи вычисляют коэффициент корреляции и корреляционное отношение. При высокой тесноте связи рассчитывают уравнение регрессии, по которому можно предсказать значение результативного признака (урожайности) в зависимости от факториальных признаков.

Ниже приводится пример установления прямолинейной зависимости между урожайностью яровой пшеницы (Y) и содержанием нитратного азота в почве перед посевом (X):

1. Составляют таблицу 2.6, в которую вносят средние значения урожайности (функция, Y) и средние значения содержания нитратного азота в почве (аргумент, X).

Таблица 2.6 – Установление корреляционной зависимости между урожайностью яровой пшеницы и содержанием нитратного азота в почве

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Содержание $N-NO_3$, мг/кг (X)	Отклонение от средней		Квадраты отклонений		Произведение $(Y - \bar{y}) \cdot (X - \bar{x})$
			$Y - \bar{y}$	$X - \bar{x}$	$(Y - \bar{y})^2$	$(X - \bar{x})^2$	
Без удобрений	12,7	1,82	-8,26	-1,47	68,22	2,16	12,14
$P_{60}K_{60}$ (фон)	15,2	1,87	-5,76	-1,42	33,17	2,01	8,17
Фон + N_{30}	20,4	2,65	-0,56	-0,64	0,31	0,40	0,35
Фон + N_{60}	26,8	4,15	5,84	0,86	34,10	0,73	5,02
Фон + N_{90}	29,7	5,95	8,74	2,66	76,38	7,07	23,24
Сумма	$(\sum Y) = 104,8$; $(\sum X) = 16,44$		0,00	0,00	212,18	12,37	48,92
Среднее	$(\bar{y}) = 20,96$; $(\bar{x}) = 3,29$						

2. Суммируют значения Y и X , то есть получают $\sum Y$ и $\sum X$.

3. Вычисляют средние значения $\bar{x}$ и $\bar{y}$, разделив $\sum Y$ на l и $\sum X$ на l . В нашем примере $\bar{x} = 3,29$ $\bar{y} = 20,96$.

4. Вычисляют отклонения урожайности и содержания азота от средних величин. Сумма положительных и отрицательных величин должна равняться нулю: $\sum(Y - \bar{y}) = 0$; $\sum(X - \bar{x}) = 0$.

5. Отклонения от средней возводят в квадрат, освобождаясь от знаков плюс и минус, и получая $(Y - \bar{y})^2$ и $(X - \bar{x})^2$.

6. Суммируют квадраты отклонений, получая $\sum(Y - \bar{y})^2$ и $\sum(X - \bar{x})^2$. В нашей задачи они составляют соответственно 212,18 и 12,37.

7. Находят произведения средних отклонений и их сумму: $\sum(Y - \bar{y}) \cdot (X - \bar{x})$, которая составит 48,92.

8. Коэффициент корреляции, обозначаемый индексом r , находят по формуле (2.11):

$$r = \frac{\sum(Y - \bar{y}) \cdot (X - \bar{x})}{\sqrt{\sum(Y - \bar{y})^2 \cdot \sum(X - \bar{x})^2}} \quad (2.11)$$

Применительно к решаемой задаче, коэффициент корреляции составит $0,95 \left(\frac{48,92}{\sqrt{212,18 \cdot 12,37}} = \frac{48,92}{\sqrt{2624,6}} \right)$.

Коэффициент корреляции является безмерной величиной, изменяющейся в интервале от минус единицы до единицы. Считается, что при $r < 0,3$ корреляционная зависимость между признаками (функцией и аргументом) слабая, при r , находящемся в пределах от 0,3 до 0,7 – средняя, а при $r > 0,7$ – сильная.

В нашем примере связь между урожайностью яровой пшеницы и содержанием нитратного азота сильная (коэффициент корреляции больше 0,7, и составляет 0,95).

Для оценки надёжности выборочного коэффициента корреляции вычисляют его ошибку и критерий существенности.

Стандартную ошибку коэффициента корреляции (S_r) определяют по формуле (2.12):

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}} \quad (2.12)$$

где n – число выборки (пар значений).

В рассматриваемом примере стандартная ошибка коэффициента корреляции составит $0,17 \left(\sqrt{\frac{1 - 0,9}{3}} \right)$.

Критерий существенности (t_r) коэффициента корреляции рассчитывают по формуле (2.13):

$$t_r = \frac{r}{S_r} \quad (2.13)$$

Критерий существенности составит $5,9 \left(\frac{0,95}{0,17} \right)$.

Если t_r (фактический) больше или равен t_r (теоретическому), то корреляционная связь существенна. И наоборот, если t_r (фактический) меньше t_r (теоретического) связь несущественна.

Теоретическое значение критерия существенности находят по таблице Стьюдента, принимая 5-процентный уровень значимости (см. приложение И). Число степеней свободы принимают равным 3 ($n - 2$).

В приведённом примере t_r (теоретический) составляет 3,18, то есть меньше t_r (фактического), следовательно, связь существенна.

Не менее важным показателем при корреляционном анализе является коэффициент детерминации (d_{yx}), который получают возведением в квадрат коэффициента корреляции (r^2). Он показывает долю в процентах тех изменений, которые зависят от изучаемого фактора. В приведённом примере коэффициент детерминации равен 90 %. Таким образом, урожайность яровой пшеницы на 90 % зависела от содержания азота в почве и на 10 % – от других факторов.

Коэффициент корреляции указывает на тесноту связи между изучаемыми признаками, но не позволяет судить, как изменяется функция (Y) при изменении аргумента на единицу измерения. Это можно решить с помощью регрессионного анализа.

Уравнение линейной регрессии Y на X имеет вид выражения (2.14):

$$Y = \bar{y} - b_{yx} \cdot (X - \bar{x}) \quad (2.14)$$

где $\bar{y}$ и $\bar{x}$ – средние арифметические для ряда Y и X ;
 b_{yx} – коэффициент регрессии Y по X .

Коэффициенты регрессии вычисляют по формулам (2.15) – (2.16):

$$b_{yx} = \frac{\sum(X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{\sum(X - \bar{x})^2}, \quad (2.15)$$

$$b_{xy} = \frac{\sum(X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{\sum(X - \bar{x})^2} \quad (2.16)$$

В рассматриваемой задаче коэффициент регрессии Y по X равен 3,95 ($\frac{48,92}{12,37}$); коэффициент регрессии X по Y составит 0,04 ($\frac{48,92}{212,18}$).

Произведение коэффициентов регрессии равняется квадрату коэффициента корреляции ($b_{yx} \cdot b_{xy} = r^2 = 3,95 \cdot 0,23 = 0,9$). Ошибку коэффициента регрессии вычисляют по формулам (2.17) – (2.18):

$$S_{b_{yx}} = S_r \cdot \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{y})^2}{\sum(X - \bar{x})^2}}, \quad (2.17)$$

$$S_{b_{xy}} = S_r \cdot \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{x})^2}{\sum(Y - \bar{y})^2}} \quad (2.18)$$

В нашем случае ошибка коэффициента регрессии Y по X равна 2,8 ($0,17 \sqrt{\frac{212,8}{12,37}}$); X по Y составляет 0,04 ($0,17 \sqrt{\frac{12,37}{212,18}}$).

Подставив найденные значения в уравнение линейной регрессии, вычисляют уравнение прямой линии ($Y = 20,9 + 3,95 \cdot (X - 3,29) = 7,96 + 3,95 \cdot X$).

По уравнению линейной регрессии корреляционная связь может быть изображена графически. На графике откладывают точками значения аргументов (X) без учёта каких-либо поправок на ошибки, полученные при расчётах коэффициента регрессии. Точечная диаграмма при коэффициенте корреляции, превышающем 0,7 единицы, может показать сильный разброс индивидуальных значений аргумента и не даёт возможность провести прямую линию по ним, а следовательно, точно определить результативность признака Y . Теоретическое значение линии регрессии находят по рассчитанному уравнению регрессии, подставляя значения признака X в формулу ($Y = 7,96 + 3,95 \cdot X$).

X (фактическое) 1,82 1,87 2,65 4,15 5,95

Y (теоретическое) 15,1 15,3 18,3 24,3 31,4

Построив график уравнения простой линейной регрессии и имея цифровые показатели аргумента (X), можно рассчитать ожидаемую урожайность культуры. Однако при этом следует учитывать другие факторы, одновременно влияющие на нее.

Задание 2.3. *На основании индивидуальных заданий, приведённых в приложении К, установить корреляционную зависимость.*

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких частей состоит анализ корреляции?
2. Что позволяет установить регрессия?
3. На чём базируется простая линейная регрессия?
4. В качестве чего используется уравнение регрессии?
5. Что называют множественной корреляцией?
6. Какой бывает корреляционная связь по форме и по направлению?
7. Что понимают под прямолинейной корреляцией?

Занятие 5. Множественная линейная корреляция и регрессия

Теоретические сведения. Корреляция называется множественной, если на величину результативного признака (урожайность) одновременно влияют несколько факторов. Простой формулой множественной связи является линейная зависимость между тремя и более признаками, когда один из них, например урожайность, рассматривается как функция (Y), а два другие – как аргументы (X и Z).

Вычисление коэффициентов множественной корреляции и уравнения регрессии более сложно, чем при простой линейной корреляции, требует большего внимания и внимательности в расчётах. Ход вычислений коэффициентов

множественной корреляции рассмотрим на примере с урожайностью яровой пшеницы (Y), содержанием нитратного азота в почве перед посевом (X) и содержанием белка в зерне (Z). Расчёты следует проводить в следующем порядке:

1. Находят отклонения от средних значений, отклонения возводят в квадрат и суммируют: $\sum(Y - \bar{y})^2 = 212,2$; $\sum(X - \bar{x})^2 = 12,4$; $\sum(Z - \bar{z})^2 = 2,0$.

2. Находят произведения отклонений и их суммы: $\sum(Y - \bar{y})^2 \cdot (X - \bar{x}) = 48,8$; $\sum(X - \bar{x})^2 \cdot (Z - \bar{z}) = 1,8$; $\sum(Y - \bar{y})^2 \cdot (Z - \bar{z}) = 12,6$

3. Как и при выделении простой линейной корреляции, находят коэффициенты корреляции между Y и X , Y и Z , X и Z и их квадраты. При этом используют формулу (2.11). В нашем случае коэффициент корреляции между Y и X составит $0,95 \left(\frac{48,8}{\sqrt{212,2 \cdot 12,4}} \right)$, между Y и Z : $0,62 \left(\frac{12,6}{\sqrt{212,2 \cdot 2,0}} \right)$ и между X и Z : $0,37 \left(\frac{1,8}{\sqrt{12,4 \cdot 2,0}} \right)$. Квадраты коэффициентов корреляции соответственно будут равны $0,91$; $0,38$ и $0,14$.

4. В качестве меры тесноты линейной связи трёх признаков используют частные коэффициенты корреляции ($r_{xy \times z}$, $r_{xz \times y}$ и $r_{yz \times x}$). Частный коэффициент корреляции – это показатель, измеряющий степень сопряжения двух признаков из множества (в приведённом примере из трёх). Он позволяет установить корреляцию между двумя признаками при постоянном значении третьего. Частные коэффициенты корреляции рассчитывают по формулам (2.19), (2.20) и (2.21):

$$r_{xy \times z} = \frac{r_{xy} - r_{xz} \cdot r_{yz}}{\sqrt{(1 - r_{xz}^2) \cdot (1 - r_{yz}^2)}} \quad (2.19)$$

$$r_{yz \times x} = \frac{r_{yz} - r_{xy} \cdot r_{xz}}{\sqrt{(1 - r_{xy}^2) \cdot (1 - r_{xz}^2)}} \quad (2.20)$$

$$r_{xz \times y} = \frac{r_{xz} - r_{xy} \cdot r_{yz}}{\sqrt{(1 - r_{xy}^2) \cdot (1 - r_{yz}^2)}} \quad (2.21)$$

Для рассматриваемой задачи частные коэффициенты корреляции и их квадраты составят:

$$1) r_{xy \times z} = \frac{0,95 - 0,37 \cdot 0,62}{\sqrt{(1 - 0,14) \cdot (1 - 0,38)}} = 0,99; r_{xy \times z}^2 = 0,98;$$

$$2) r_{yz \times x} = \frac{0,62 - 0,95 \cdot 0,37}{\sqrt{(1 - 0,95) \cdot (1 - 0,14)}} = 0,93; r_{yz \times x}^2 = 0,86;$$

$$3) r_{xz \times y} = \frac{0,37 - 0,95 \cdot 0,62}{\sqrt{(1 - 0,98) \cdot (1 - 0,38)}} = -0,90; r_{xz \times y}^2 = -0,80.$$

В индексах буквы перед точкой указывают, между какими признаками изучается зависимость, а буква после точки – влияние какого признака исключается.

5. Частные коэффициенты детерминации находят путем возведения в квадрат частных коэффициентов корреляции. Соответственно они составляют $d_{xy \times z} = 96 \%$; $d_{yz \times x} = 74 \%$; $d_{xz \times y} = 64 \%$.

6. Ошибку и критерии значимости частой корреляции определяют так же, как и при парной корреляции. В качестве базовых используют формулы (2.12) и (2.13). На основе их модификации, получаем следующие результаты:

$$1) S_{r_{xy \times z}} = \sqrt{\frac{1 - 0,98}{3}} = 0,08; t_{\text{факт}} = \frac{0,99}{0,08} = 12,4;$$

$$2) S_{r_{yz \times x}} = \sqrt{\frac{1 - 0,86}{3}} = 0,22; t_{\text{факт}} = \frac{0,86}{0,22} = 3,91;$$

$$3) S_{r_{xz \times y}} = \sqrt{\frac{1 - 0,80}{3}} = 0,26; t_{\text{факт}} = \frac{0,80}{0,26} = 3,08.$$

Теоретическое значение t принимают из приложения И.

7. Вычисляют по формулам (2.22) – (2.24) **множественные коэффициенты корреляции трёх переменных, то есть показатели тесноты линейной связи между одним из признаков (буква индекса перед точкой) и совокупностью двух других (буквы индекса после точки):**

$$R_{x \times yz} = \sqrt{\frac{r_{xy}^2 + r_{xz}^2 - 2 \cdot r_{xy} \cdot r_{xz} \cdot r_{yz}}{1 - r_{yz}^2}}, \quad (2.22)$$

$$R_{y \times xz} = \sqrt{\frac{r_{xy}^2 + r_{xz}^2 - 2 \cdot r_{xy} \cdot r_{xz} \cdot r_{yz}}{1 - r_{xz}^2}}, \quad (2.23)$$

$$R_{z \times xy} = \sqrt{\frac{r_{xz}^2 + r_{yz}^2 - 2 \cdot r_{xy} \cdot r_{xz} \cdot r_{yz}}{1 - r_{xy}^2}} \quad (2.24)$$

Подставляя значения нашего примера, получаем множественные коэффициенты корреляции и их квадраты:

$$1) R_{x \times yz} = \sqrt{\frac{0,91+0,14-2 \cdot 0,95 \cdot 0,37 \cdot 0,62}{1-0,38}} = 0,98; R_{x \times yz}^2 = d_{x \times yz} = 96 \%;$$

$$2) R_{y \times xz} = \sqrt{\frac{0,91+0,14-2 \cdot 0,95 \cdot 0,37 \cdot 0,62}{1-0,14}} = 0,98; R_{y \times xz}^2 = d_{y \times xz} = 96 \%;$$

$$3) R_{z \times xy} = \sqrt{\frac{0,14+0,38-2 \cdot 0,95 \cdot 0,37 \cdot 0,62}{1-0,91}} = 0,94; R_{z \times xy}^2 = d_{z \times xy} = 88 \%.$$

Квадрат коэффициента множественной корреляции называется коэффициентом множественной детерминации. Он показывает долю вариации зависимой переменной под воздействием изучаемых факторов.

8. Значимость множественной корреляции оценивается по F-критерию, который устанавливают по формуле (2.25):

$$F_{\text{факт}} = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \left(\frac{n - k}{k - 1} \right) \quad (2.25)$$

где n – объём выборки;
 k – число факторов.

В нашем примере получаем следующие уровни F-критерия:

$$1) F_{\text{факт}(x \times yz)} = \frac{0,96}{1-0,96} \cdot \left(\frac{5-3}{3-1} \right) = 24;$$

$$2) F_{\text{факт}(y \times xz)} = \frac{0,96}{1-0,96} \cdot \left(\frac{5-3}{3-1} \right) = 24;$$

$$3) F_{\text{факт}(Z \times XY)} = \frac{0,88}{1-0,88} \cdot \left(\frac{5-3}{3-1} \right) = 7,3.$$

Теоретическое значение F-критерия принимают из приложений Е, Ж (в зависимости от установленного уровня значимости).

Математическое уравнение для прямолинейной зависимости между тремя переменными называется множественным линейным уравнением плоскости регрессии и имеет следующий вид:

$$Y = a + b_1 \cdot X + b_2 \cdot Z \quad (2.26)$$

где Y – функция (зависимая переменная),

a – общее начало отсчета;

b_1 и b_2 – коэффициенты частной регрессии;

X и Z – аргументы (независимые переменные).

Коэффициент b_1 показывает, на какую величину увеличивается Y при каждом увеличении на одну единицу X и при постоянном значении Z . Коэффициент b_2 показывает, на какую величину увеличивается Y при увеличении Z на единицу и при постоянном значении X .

Расчёт коэффициентов b_1 и b_2 выполняют по формулам (2.27) – (2.28):

$$b_1 = \frac{\sum(Z - \bar{Z})^2 \cdot \sum(X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y}) - \sum(X - \bar{X}) \cdot (Z - \bar{Z}) \cdot \sum(Y - \bar{Y}) \cdot (Z - \bar{Z})}{\sum(X - \bar{X})^2 \cdot \sum(Z - \bar{Z})^2 - [\sum(X - \bar{X}) \cdot \sum(Z - \bar{Z})]^2}, \quad (2.27)$$

$$b_2 = \frac{\sum(X - \bar{X})^2 \cdot \sum(Y - \bar{Y}) \cdot (Z - \bar{Z}) - \sum(X - \bar{X}) \cdot (Z - \bar{Z}) \cdot \sum(X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sum(X - \bar{X})^2 \cdot \sum(Z - \bar{Z})^2 - [\sum(X - \bar{X}) \cdot \sum(Z - \bar{Z})]^2} \quad (2.28)$$

Применяя приведённые формулы для нашей задачи, получаем значения коэффициентов частной регрессии:

$$1) b_1 = \frac{20 \cdot 48,8 - 1,8 \cdot 12,6}{12,4 \cdot 2 - (1,82)^2} = 3,5;$$

$$2) b_2 = \frac{12,4 \cdot 12,6 - 1,8 \cdot 48,8}{12,4 \cdot 2 - (1,82)^2} = 3,2.$$

Следовательно, уравнение регрессии принимает вид:

$$Y = -34,5 + 3,5 \cdot X + 3,2 \cdot Z.$$

Подставляя в уравнение регрессии значения X и Z (табл. 2.7), получаем координаты точек (урожайности) для построения линий.

**Таблица 2.7 – Урожайность яровой пшеницы, рассчитанная по уравнению регрессии
В центнерах с гектара**

Z	X			
	1,8	2,6	4,1	5,9
13,4	14,7	17,8	22,7	29,0
13,5	15,0	21,8	23,0	29,3
14,8	19,2	22,0	27,2	33,5
14,9	19,3	22,3	27,5	33,8
14,0	16,6	19,4	24,6	30,9
Примечание: X – содержание нитратного азота в почве перед посевом, мг/кг почвы; Z – содержание белка в зерне, %.				

Математические уравнения парной и множественной регрессии, построение графиков возможны только тогда, когда корреляционная связь более 0,7 долей единицы. При слабой тесноте связи между функцией и аргументом уравнение регрессии рассчитывать не имеет смысла.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется множественной корреляцией?
2. Что является формулой множественной связи?

РАЗДЕЛ 3. КОМПЛЕКСНОЕ АГРОХИМИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПОЧВ

Занятие 1. Цели и задачи агрохимического обследования

Теоретические сведения. Детальное агрохимическое обследование почв в стране было начато в 1964 г. после организации агрохимической службы. На первом этапе ставилась одна основная цель: дать оценку плодородия почв, отразить его на картограммах. С 1964 по 1995 гг. в некоторых хозяйствах проведено четыре – пять туров обследования, выявлены изменения в содержании подвижных форм питательных элементов, кислотность и щелочность почв. В некоторых областях России наряду с определением азота, фосфора и калия, кислотности и щелочности определяли подвижные формы микроэлементов.

В результате антропогенного воздействия к середине 80-х годов XX в. в почвах некоторых регионов накопилось большое количество тяжёлых металлов, пестицидов и других негативных химических веществ. Деградация земель в отдельных регионах достигла критического уровня, и восстановление плодородия почв стало невозможным без целенаправленной природоохранной деятельности. В связи с этим, задачи агрохимического обследования расширились, возникла необходимость проведения комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий с целью контроля и оценки изменения плодородия почв, характера и уровня их загрязнения под воздействием антропогенных факторов, создания банков данных полей, проведения сертификации земельных участков.

Комплексное агрохимическое обследование почв сельскохозяйственных угодий осуществляет агрохимическая служба, то есть областные, республиканские проектно-изыскательские станции химизации или центры химизации сельского хозяйства. Научно-методическое руководство при проведении работ по

комплексному агрохимическому обследованию почв осуществляет Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова (ВНИИА).

Природоохранные мероприятия могут осуществляться только, когда имеется полная информация о динамике за ряд лет (десятилетий) состояния почвенного плодородия. Такую информацию можно получить в том случае, если осуществляется комплексный агрохимический мониторинг. Агрохимический мониторинг стали вводить только в начале 90-х годов XX в., и не во всех областях России он осуществляется в настоящее время.

Агрохимический мониторинг объединяет различные направления работ по обследованию почв сельскохозяйственных угодий: агрохимическое, токсикологическое, радиологическое, гербологическое и др.

Комплексное агрохимическое обследование почв сельскохозяйственных угодий позволяет рационально использовать средства химизации при производстве растениеводческой и животноводческой продукции, поддерживать и повышать почвенное плодородие, снижать и предотвращать негативные антропогенные воздействия на окружающую среду, прежде всего почву и сельскохозяйственную продукцию. Комплексное агрохимическое обследование проводят на основе одновременного отбора почвенных проб с целью ландшафтно-агрохимической, эколого-токсикологической, радиологической, гербологической оценки и контроля за изменением экологического состояния и плодородия почв сельскохозяйственных угодий хозяйств.

Результаты комплексного агрохимического обследования позволяют получить информацию о каждом рабочем участке или обо всем землепользовании и используются:

-
- 1) для разработки проектно-сметной документации на применение средств химизации и составления обоснованных систем применения удобрений;
 - 2) составления сертификатов качества земель;
 - 3) разработки технологий производства экологически чистой растениеводческой продукции и эффективного использования сельскохозяйственных угодий;
 - 4) составления экологических паспортов на угодья всех типов сельскохозяйственного землепользования;
 - 5) текущего и долгосрочного планирования использования земельного фонда и специализации сельскохозяйственного производства;
 - 6) выделения микро-заповедников, заказников и территорий биологического земледелия;
 - 7) выявления потенциальных и реальных источников загрязнения почв агрохимическими токсикантами и техногенными загрязнениями с целью снижения и предотвращения их негативного воздействия на состояние агроценозов и качество сельскохозяйственной продукции.

Для сравнения результатов последнего обследования рекомендуют отбирать почвенные образцы в том порядке и той последовательности, которые применяли в предыдущие годы, то есть сетка элементарных участков последнего тура обследования должна совпадать с предыдущей.

Периодичность агрохимического обследования зависит от природно-экономических условий хозяйств и устанавливается дифференцированно по согласованию с администрацией районов и самих хозяйств. В хозяйствах с высоким уровнем химизации, применяющих более 120 кг/га питательных веществ, пестицидов, повторное обследование рекомендуют проводить через четыре года, в хозяйствах с низким уровнем применения удобрений (40–50 кг/га) и пестицидов его осуществляют через пять – семь лет.

В районах орошаемого земледелия, на государственных сортоиспытательных участках, в экспериментальных и фермерских хозяйствах независимо от объёмов применяемых удобрений повторное обследование рекомендуют проводить через три года.

Радиологическое обследование на территории, загрязнённой от аварии на Чернобыльской АЭС, и в Челябинской области проводят ежегодно.

Вопросы для самоконтроля

1. Когда была образована агрохимическая служба?
2. Какова цель комплексного агрохимического обследования?
3. На какой основе проводится комплексное агрохимическое обследование?
4. Для чего используют результаты комплексного агрохимического обследования?
5. От каких условий зависит периодичность обследования?

Занятие 2.

Подготовка картографической основы и проведение полевых работ

Теоретические сведения. Площади почв, подлежащих обследованию по видам угодий, количество агрохимических, токсикологических, радиологических и других анализов, очерёдность обследования хозяйств агрохимическая служба согласовывает с Министерством сельского хозяйства субъекта Российской Федерации и администрацией муниципального образования. План проведения агрохимического обследования по каждому хозяйству доводят до конкретных исполнителей. Для проведения агрохимического обследования директор проектно-изыскательской станции химизации или центра химизации сельского хозяйства организует полевые (оперативные) группы в составе начальника группы, главных, ведущих, старших специалистов.

В Нечерноземной, лесостепной зонах, горных областях полевое агрохимическое обследование проводят в масштабе 1:10 000 и 1:25 000. В полустепной зоне масштаб обследования составляет 1:25 000, на орошаемых землях, в овощеводстве и садоводстве – 1:5 000.

Картографической основой для агрохимического обследования служат почвенная карта и план внутрихозяйственного землепользования. На план землепользования наносят границы контуров почв.

Для каждого хозяйства, подлежащего обследованию, готовят не менее десяти экземпляров копий картографической основы и бланки полевых ведомостей двух видов: для работы в камеральных и в полевых условиях с сокращенным набором показателей (приложение Н).

При выезде на полевые работы специалистам выдают тростевые буры, вещевой мешочек (рюкзак), вешки двухметровые, журнал результатов агрохимического обследования почв, циркуль (сажень двухметровая), карандаши, клей канцелярский, кальку, капельницу с пипеткой, кнопки, скрепки, компас, лопаты, ленту мерную длиной 20 м, метр клеенчатый (рулетку), мешочки или коробки, мешки или контейнеры, нож, папку-планшет, планово-картографическую основу хозяйства, сумку полевую, 10-процентную соляную кислоту во флаконе, тушь разную, шпагат, экер, этикетки, штанговый бур, посуду для отбора грунтовых вод, обёрточную бумагу, плёнку полиэтиленовую или клеёнку для смешивания образцов, радиометр ДР-01Т (СРП-88н) или другой равноценный.

В хозяйстве почвовед-агрохимик собирает сведения о применении удобрений и химических средств, об урожайности сельскохозяйственных культур за последние три – пять лет, уточняет объём площадей, подлежащих известкованию и гипсованию.

С агрономом хозяйства, а в его отсутствие с руководителем, фермером почвовед-агрохимик объезжает и осматривает земельные угодья. Если произошли какие-либо изменения в землепользовании (изменились границы полей, проведены новые дороги и др.) и они не обозначены на плане, почвоведу-агрохимику приходится делать корректировку. Кроме того, уточняют размещение посевов сельскохозяйственных культур, выделяют поля с высоким и низким насыщением удобрений, пестицидов, разной степени засоренности и эродированности. Эти и другие сведения заносят в журнал агрохимического обследования почв.

Почвовед-агрохимик вместе с руководителем хозяйства устанавливает очередность агрохимического обследования полей, а при организации микро-заповедников и микро-заказников согласует проведение их дополнительного обследования на геоботаническое и энтомологическое состояние.

При отборе почвенных образцов немаловажное значение имеют сроки их отбора. На полях, где доза внесения минеральных удобрений по каждому виду составляет не более 90 килограмм действующего вещества на гектар и при внесении органических удобрений, почвенные пробы ВНИИА рекомендует отбирать в течение всего вегетационного периода, а на полях, где доза минеральных удобрений высокая (более 270 килограмм действующего вещества), пробы должны отбираться спустя 2–2,5 месяца после их внесения. На полях, загрязнённых радионуклидами, почвенные образцы отбирают до посева или посадки культур и во время уборки урожая. На посевах, обрабатываемых пестицидами, отбор проб проводят через 1,5–2 месяца после их внесения.

После ознакомления с территорией хозяйства, внесения изменений в плане землепользования приступают к нанесению элементарных участков. **Элементарный участок – это площадь сельскохозяйственного угодья, характеризующаяся одной объединённой пробой.** Частоту объединённых почвенных проб устанавливают в зависимости от пестроты почвенного покрова

и количества вносимых удобрений. Форма элементарного участка по возможности должна приближаться к прямоугольной с соотношением сторон (1:2).

Допустимые размеры элементарных участков для различных экономических районов определены ГОСТ Р 58595–2019 «Почвы. Отбор проб» (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Размеры элементарных участков при агроэкологическом обследовании почв

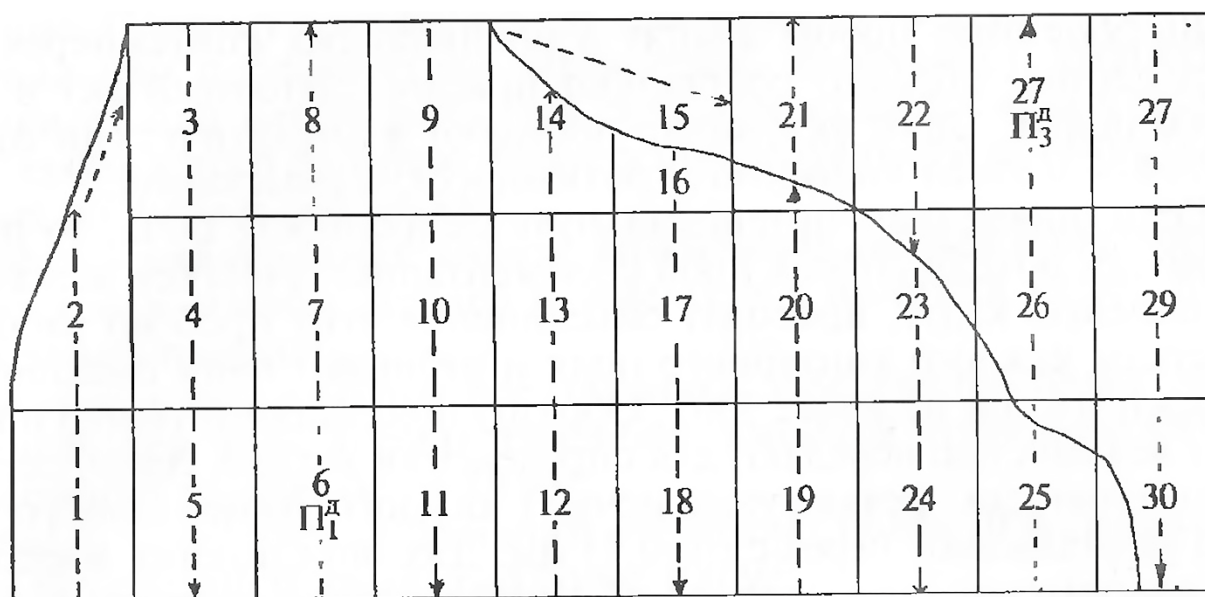
Экономический район	Максимально допустимые размеры элементарных участков, га			
	при ежегодном уровне применения фосфорных удобрений, кг/га			на орошаемых землях
	< 60	60–90	> 90	
Северный, Северо-Западный	5	4	2	2
Центральный	8	5	3	2
Волго-Вятский	15	10	4	2
Центрально-Черноземный:				
а) лесостепные районы с преобладанием серых лесных почв и чернозёмов оподзоленных;	10	8	5	3
б) лесостепные районы с преобладанием выщелоченных и типичных чернозёмов;	15	10	5	3
в) степные районы с преобладанием обыкновенных и южных чернозёмов	25	15	10	5
Поволжский:				
а) лесостепные районы с преобладанием серых лесных почв, выщелоченных и типичных чернозёмов;	20	15	10	5
б) степные и сухостепные районы с преобладанием обыкновенных и южных чернозёмов, каштановых почв	40	20	15	5
Северо-Кавказский:				
а) степные равнинные районы с преобладанием чернозёмов;	20	15	10	5
б) сухостепные равнинные районы с преобладанием каштановых почв;	40	25	10	5
в) предгорные районы с преобладанием чернозёмов	10	5	3	2

Продолжение таблицы 3.1

Экономический район	Максимально допустимые размеры элементарных участков, га			
	при ежегодном уровне применения фосфорных удобрений, кг/га			на орошаемых землях
	< 60	60–90	> 90	
Уральский:				
а) таёжно-лесные районы с преобладанием дерново-подзолистых почв;	8	5	4	3
б) лесостепные и степные районы	15	10	5	3
Западно-Сибирский и Восточно-Сибирский:				
а) таёжно-лесные районы с преобладанием дерново-подзолистых почв;	10	5	3	—
б) лесостепные и степные районы со слабо-расчленённым рельефом;	20	15	5	3
в) степные районы с равнинным рельефом	40	25	10	3
Дальневосточный	10	5	4	2

На средне- и сильноэродированных дерново-подзолистых и серых лесных почвах размер элементарного участка должен составлять один – два гектара, на чернозёмах и каштановых почвах – три гектара. При нанесении сетки элементарных участков на картографическую основу необходимо, чтобы их границы по возможности совпадали с границами элементарных участков предыдущего обследования. Маршрутные ходы прокладывают посередине элементарного участка. Каждому элементарному участку присваивают номер (рис. 3.1).

На пахотных почвах точечные пробы отбирают на глубину пахотного слоя, на сенокосах и пастбищах – на глубину гумусового горизонта, но не глубже 10 см. Число точечных проб, отбираемых буром, должно быть от 20 до 40, что зависит от выровненности территории, площади угодья и других факторов.



1–30 – номера участков; пунктирные линии со стрелками – маршрутные ходы

Рисунок 3.1 – Схема расположения элементарных участков и маршрутных ходов

После перемешивания точечных проб масса смешанного образца должна быть не менее 600 грамм. Точечные пробы в количестве 30–40 штук для составления объединенной пробы в плодовых и ягодных насаждениях отбирают на глубину 40 см. Запрещается брать точечные пробы из-под оставшихся куч удобрений, участков с нетипичным развитием растений, промоин, перепаханных дорог, ложбин.

Объединённую пробу с элементарного участка кладут в полотняный мешочек или картонную коробку. В них помещают этикетку, на которой указывают хозяйство, район, глубину отбора образца, номер почвенного образца (номер элементарного участка), время отбора, фамилию и инициалы агрохимика-почвовода. Высушенные пробы хранят в специальных контейнерах. На высушенные образцы составляют приёмо-сдаточный акт в двух экземплярах. Один экземпляр передают в аналитический отдел, другой – в отдел почвенно-агрохимических изысканий.

Если определяют потенциальную засорённость почв, то перед размолом объединённых проб с элементарных участков используют полевую карту. Проводят объединение этих проб по рабочим участкам каждого контурного поля и отбирают один смешанный образец массой не менее 500 грамм.

Задание 3.1. Перенести с карты землепользования хозяйства на кальку один из полевых севооборотов и на каждом поле севооборота нанести схему расположения элементарных участков и маршрутных ходов.

Вопросы для самоконтроля

1. Что является картографической основой для агрохимического обследования?
2. Перечислите снаряжение агрохимика-почвоведа.
3. Назовите сроки отбора почвенных образцов.
4. Что такое элементарный участок?
5. Какие бывают форма и размер элементарного участка?
6. Какие бывают способы прокладки маршрутных ходов?

Занятие 3. Токсикологическое обследование

Теоретические сведения. Наряду с определением основных питательных элементов в почве в ходе проведения комплексного агрохимического обследования устанавливают содержание остаточных количеств пестицидов и тяжёлых металлов. В тех хозяйствах, в которых пестициды применяли длительное время, но в небольших количествах, анализ почвенных проб проводят выборочно. Особое внимание уделяют полям или участкам с интенсивным применением пестицидов. В образцах таких участков анализ проводят обяза-

тельно. Результаты определений сравнивают с нормативами допустимого содержания пестицидов в почве – предельно допустимыми концентрациями. Особое внимание уделяют определению хлорорганических пестицидов, триазиновых гербицидов, трефлана и др.

Отрицательное, фитотоксичное действие на почву оказывают гербициды, проявляя последствие. **Под фитотоксичностью гербицидов понимают токсичное действие самих гербицидов, их остаточных количеств и метаболитов, сохраняющихся в почве от ранее проведённых обработок сельскохозяйственных культур.** Гербицидную фитотоксичность при визуальном осмотре оценивают по четырём балльной шкале:

1 балл – наблюдаются хлороз, потемнение листьев и скручивание их краёв, изгибы стеблей и черешков у растений менее 30 % снимаемой площади;

2 балла – наблюдаются все признаки заболевания более 30 % растений, при этом посевы изрежены, имеются отдельные пятна без растений площадью до 10 м²;

3 балла – выпадение растений составляет более 30 %, имеются пятна без растений площадью более 100 м²;

4 балла – наблюдается гибель растений площадью более одного гектара.

При обнаружении проявления фитотоксичности с интенсивностью три и более балла проводят дополнительный отбор почвенных образцов. Гигиенические нормативы некоторых гербицидов приведены в таблице 3.2.

Определение тяжёлых металлов проводят, в первую очередь, в почвах, расположенных в зонах экологического бедствия, вблизи дорог, на полях, предназначенных для выращивания экологически чистой продукции. Степень загрязнения почв тяжёлыми металлами устанавливают путем сравнения с предельно допустимой концентрацией соответствующего элемента в почве или его местным фактическим содержанием.

Таблица 3.2 – Гигиенические нормативы предельно допустимых концентраций гербицидов

Гербицид	Воздух, мг/м ² в сутки	Вода, мг/л	Почва, мг/кг
Атразин	2,0	0,2	0,01
Базудин	0,2	0,3	0,10
Банвел	1,0	–	0,25
Бетанал	0,05	–	0,25
Глифосат	3,0	0,1	0,50
2,4-Д-аминная соль	3,0	2,0	0,50
2,4-Д-актиловый эфир	1,0	0,2	0,15
Прометрин	5,0	3,0	0,50
Трефлан (нитрам)	0,03	1,0	0,10

Академик В. Г. Минеев приводит следующие значения предельно допустимых концентраций содержания тяжёлых металлов в почве (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Предельно допустимые концентрации содержания тяжёлых металлов в почве (по В. Г. Минееву)

Химический элемент	Содержание, мг/кг	Химический элемент	Содержание, мг/кг
Сурьма	5	Медь	100
Бериллий	10	Цинк	300
Бор	25	Олово	50
Фтор	200	Мышьяк	20
Хром	100	Селен	10
Никель	100	Молибден	5
Кобальт	50	Кадмий	3
Свинец	100	Ртуть	2

Вопросы для самоконтроля

1. Где, в первую очередь, определяют остаточные количества пестицидов?
2. Что такое фитотоксичность гербицидов?
3. Как оценивают гербицидную фитотоксичность при визуальном осмотре?
4. Где, в первую очередь, определяют тяжёлые металлы?

Если гамма-активность превышает два балла, дополнительное обследование проводят специалисты (токсикологи, радиологи).

Вопросы для самоконтроля

1. Как проводится радиологическое обследование?
2. Какие дозиметры рекомендуется использовать при радиологическом обследовании?
3. Как отбирают почвенные образцы при радиологическом обследовании?

Занятие 5. Паспортизация полей

Теоретические сведения. *Паспорт поля служит исходным документом для составления проекта применения удобрений и химических мелиорантов, учета количества химических мелиорантов и вносимых удобрений, для планирования урожайности, а также оценки экологического состояния почв. Паспорт поля представляет собой свод данных о природно-хозяйственном, агрохимическом и экологическом состоянии поля, записанных в специальной карточке (таблице) или в базе компьютера. Его составляют на все типы угодий хозяйства: пашню, сенокосы, многолетние насаждения и др.*

Почвенно-агрохимическая часть паспорта включает сведения о типе, подтипе почв, гранулометрическом составе, степени эродированности, кислотности почв, содержании элементов питания и другие показатели.

Экологическая часть паспорта включает сведения о загрязнении участка токсикантами и радионуклидами.

Оперативная часть паспорта поля (участка) включает сведения о внесённых удобрениях, мелиорантах, пестицидах, возделываемых культурах и их урожайности.

План внутрихозяйственного землеустройства с нанесёнными границами паспортизируемых (рабочих) участков сельскохозяйственных угодий называют также схемой паспортизируемых участков. На схеме границы угодий выделяют линиями разных цветов: пашню – красным, сенокосы – зелёным, пастбища – коричневым, многолетние насаждения – синим.

Выделение паспортизируемых участков проводят почвовед-агрохимик и главный агроном хозяйства перед агрохимическим обследованием почв.

Схему паспортизируемых участков уточняют после выполнения аналитических работ. При этом допускается объединение элементарных участков в отдельно обрабатываемый (паспортизируемый), если их агрохимические показатели попадают в три группы, но различия последних групп находятся в пределах аналитических ошибок.

Сельскохозяйственному предприятию вместе со схемой паспортизируемых участков передают паспорта полей или паспортные ведомости. Паспортная ведомость (приложение М) является выходной формой при обработке результатов обследования на компьютере. Основным документом для составления паспорта поля (паспортной ведомости) служат полевые и аналитические ведомости обследования почв хозяйства.

Основными документами при составлении агрохимических картограмм являются полевая ведомость (приложение Н), аналитическая ведомость и рабочий полевой экземпляр плана внутрихозяйственного землеустройства с нанесёнными почвенными контурами. По каждому хозяйству составляют авторский оригинал картограмм и снимают одну копию, которую передают хозяйству.

Авторский оригинал картограммы составляет почвовед-агрохимик, при этом сначала на чистовой экземпляр плана внутрихозяйственного землеустройства переносят все элементарные участки. В середине элементарных

участков проставляют их номера, а под ними – агрохимические, токсикологические и радиометрические показатели.

Элементарные участки объединяют в контуры с учетом существующей группировки агрохимических показателей (табл. 3.5–3.12).

Таблица 3.5 – Группировка почв по содержанию гумуса, определяемого по методу Тюрина

Номер группы	Рекомендуемый цвет раскраски	Содержание гумуса	Гумус, %
1	жёлтый	очень низкое	0–2,0
2	салатовый	низкое	2,1–4,0
3	светло-зелёный	среднее	4,1–6,0
4	зелёный	повышенное	6,1–8,0
5	зелёно-коричневый	высокое	8,1–10,0
6	коричневый	очень высокое	более 10,0

Таблица 3.6 – Группировка почв по степени кислотности в солевой вытяжке (потенциометрическим методом)

Номер группы	Рекомендуемый цвет раскраски	Почвы по степени кислотности	pH _{KCl}
1	красный	очень сильнокислые	менее 4,0
2	розовый	сильнокислые	4,1–4,5
3	оранжевый	среднекислые	4,6–5,0
4	жёлтый	слабокислые	5,1–5,5
5	светло-зелёный	близкие к нейтральным	5,6–6,0
6	зелёный	нейтральные	более 6,0

Таблица 3.7 – Группировка почв по гидролитической кислотности

Номер группы	Рекомендуемый цвет раскраски	Почвы по гидролитической кислотности	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы
1	фиолетовый	очень высокое	более 6,0
2	сиреневый	высокое	5,1–6,0
3	красный	повышенное	4,1–5,0
4	розовый	среднее	3,1–4,0
5	оранжевый	низкое	2,1–3,0
6	светло-оранжевый	очень низкое	менее 2,0

Таблица 3.8 – Группировка почв по сумме поглощенных оснований

Номер группы	Рекомендуемый цвет раскраски	Сумма поглощённых оснований	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы
1	розовый	очень низкая	менее 5,0
2	тёмно-розовый	низкая	5,1–10,0

Продолжение таблицы 3.8

Номер группы	Рекомендуемый цвет раскраски	Сумма поглощённых оснований	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы
3	красный	средняя	10,1–15,0
4	лиловый	повышенная	15,1–20,0
5	сиреневый	высокая	20,1–30,0
6	фиолетовый	очень высокая	более 30,0

Таблица 3.9 – Группировка почв по степени насыщенности почв основаниями

Номер группы	Рекомендуемый цвет раскраски	Степень насыщенности основаниями	Насыщенность основаниями, %
1	светло-оранжевый	очень низкая	менее 30,0
2	оранжевый	низкая	30,1–50,0
3	розовый	средняя	50,1–70,0
4	красный	повышенная	70,1–90,0
5	красно-коричневый	высокая	более 90,0

Таблица 3.10 – Группировка почв по содержанию подвижного фосфора, определяемого различными методами

Номер группы	Рекомендуемый цвет раскраски	Содержание подвижного фосфора	Метод		
			Кирсанова	Чирикова	Мачигина
			P ₂ O ₅ , мг/кг почвы		
1	бирюзовый	очень низкое	менее 25	менее 20	менее 10
2	светло-голубой	низкое	26–50	21–50	11–15
3	голубой	среднее	51–100	51–100	16–30
4	светло-синий	повышенное	101–150	101–150	31–45
5	синий	высокое	151–250	151–200	46–60
6	тёмно-синий	очень высокое	более 250	более 200	более 60

Таблица 3.11 – Группировка почв по содержанию обменного калия, определяемого различными методами

Номер группы	Рекомендуемый цвет раскраски	Содержание подвижного калия	Метод			
			Кирсанова	Чирикова	Мачигина	Масловой
			P ₂ O ₅ , мг/кг почвы			
1	жёлтый	очень низкое	менее 40	менее 20	менее 100	менее 50
2	светло-оранжевый	низкое	41–80	21–40	101–200	51–100
3	оранжевый	среднее	81–120	41–80	201–300	101–150
4	светло-коричневый	повышенное	121–170	81–120	301–400	151–200
5	коричневый	высокое	171–250	121–180	401–600	201–300
6	тёмно-коричневый	очень высокое	более 250	более 180	более 600	более 300

Таблица 3.12 – Группировка почв по содержанию обменных кальция и магния

Номер группы	Рекомендуемый цвет раскраски	Содержание элементов	Кальций	Магний
			мг-экв/100 г почвы	
1	жёлтый	очень низкое	0–25	0–0,5
2	салатовый	низкое	2,6–5,0	0,6–1,0
3	светло-зелёный	среднее	5,1–10,0	1,1–2,0
4	зелёный	повышенное	10,1–15,0	2,1–3,0
5	зелёно-коричневый	высокое	15,1–20,0	3,1–4,0
6	коричневый	очень высокое	более 20,0	более 4,0

В самостоятельный контур выделяют площадь не менее чем по трём элементарным участкам. В Нечернозёмной зоне России агрохимическая служба составляет три картограммы: кислотности почв, обеспеченности подвижным фосфором и обеспеченности обменным калием.

В некоторых субъектах РФ агрохимические лаборатории и центры химизации составляют совмещенные картограммы. На таких картограммах поля, участки раскрашивают по показателям кислотности, а содержание фосфора и калия ставят в кружочке, чаще в числителе показания по фосфору, а в знаменателе содержание калия. Цвет кружочка должен соответствовать шкале раскраски показателей.

Авторские оригиналы агрохимических картограмм подписываются почвоведом, руководителем отдела почвенно-агрохимических изысканий и передаются руководителю группы картографических материалов для оформления агрохимических картограмм.

Картографическое оформление результатов определения валового или подвижного содержания тяжёлых металлов выполняют как в виде элементных картограмм, так и совмещённых. На картограммах красным цветом раскрашивают участки, если содержание того или много элемента выше предельно допустимых концентраций; жёлтым – если содержание элемента превышает фоновое значение более чем в два раза, но ниже предельно допустимых концентраций.

При картографическом оформлении результатов радиологического обследования на площади с превышением предельно допустимого уровня делают выкопировку в масштабе 1:10 000.

Картограммы остаточных количеств пестицидов составляют, если они обнаружены в почве более чем на 20 % участков, входящих в обследуемый контур. Градация почв по уровням содержания остатков пестицидов включает три уровня (приложение П):

- первый – до одной предельно допустимой концентрации;
- второй – от одной до десяти предельно допустимых концентраций;
- третий – более десяти предельно допустимых концентраций.

Все материалы, используемые для составления агрохимических картограмм и паспортов полей, хранят в архиве проектно-изыскательского центра химизации области (или станции). Бессрочному хранению подлежат полевая карта отбора образцов, авторские экземпляры картограмм, схемы паспортизируемых участков, полевые и аналитические ведомости результатов агроэкологического обследования почв.

Задание 3.2. На основании индивидуальных заданий, приведённых в приложении Р составить агрохимические картограммы: кислотности почв, обеспеченности подвижным фосфором и обменным калием и дать рекомендации по применению удобрений.

Вопросы для самоконтроля

1. Что представляет собой паспорт поля?
2. Что включает в себя экологическая и оперативная часть паспорта?
3. Назовите основные документы для составления паспорта поля.
4. Назовите основные документы при составлении агрохимических картограмм.
5. Когда составляют картограммы остаточных количеств пестицидов?

**Занятие 6. Составление сводных ведомостей и
обобщение результатов комплексного агрохимического обследования**

Теоретические сведения. Завершающим этапом комплексного агрохимического обследования является подсчёт площадей почв хозяйства в зависимости от обеспеченности подвижным фосфором, обменным калием и их кислотности.

Сводные ведомости распределения площадей с различными параметрами агроэкологических показателей необходимы для определения потребности хозяйства, бригады, отделения в извести, фосфорных, калийных, азотных и других удобрениях, для разработки мероприятий по устранению обнаруженных пестицидов, тяжёлых металлов, других негативных факторов в почве.

Подсчёт площадей выполняют палеткой или планиметром по агрохимическим картограммам, а результаты заносят в экспликацию агрохимических картограмм и в сводные ведомости подсчёта площадей почв с различным содержанием элементов питания или обнаруженных токсикантов. Для систематизации результатов комплексного агрохимического обследования почв в каждом проектно-изыскательском центре или станции химизации создают картотеку результатов комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственного предприятия.

Элементарной единицей обобщения для административного района является хозяйство. Для каждого административного района по циклам обследования составляют карточку агрохимического обследования, в которой отражены показатели содержания подвижного фосфора, обменного калия, кислотности почв. По карточкам агрохимического обследования можно легко проследить за темпами и уровнями химизации хозяйств района, определить значение химизации в повышении плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего необходимы сводные ведомости распределения площадей?
2. Что включают в карточку агрохимического обследования?
3. Зачем производят прослеживание по карточкам агрохимического обследования?

ГЛОССАРИЙ

Абсолютная ошибка – разница между истинным и фактически наблюдаемым значениями.

Абсолютное отклонение – среднее отклонение по модулю, отношение суммы всех отклонений по модулю к числу отклонений.

Алгоритм – схема описания правильной последовательности расчётов.

Арифметическая или выборочная средняя – среднее значение объектов выборки по какому-либо признаку.

Блок – часть повторения, компактная группа нескольких вариантов опыта; в зарубежной литературе термин применяется как для обозначения обычных повторений (см. повторение), так и для собственно блоков (неполных повторений).

Вариант контрольный (стандарт) – вариант сравнения; позволяет определить меру чувствительности растения к изучаемому фактору.

Вариант опыта – одна делянка, на которой изучается сорт, условия возделывания, агротехнический приём или их сочетание.

Вариация – дисперсия или рассеянность, с одной стороны, а с другой – изменчивость, или вариабельность; свойство отдельных объектов (особей) отличаться друг от друга по тем или иным признакам.

Выборка – часть объектов совокупности (выборочная совокупность), подвергнутых непосредственному учету, измерению.

Выключка – часть учётной площади делянки, на которой не учитывается урожай вследствие случайных повреждений или ошибок, допущенных при проведении опыта.

Гипотеза нулевая – предположение об отсутствии различий в совокупности на основе исследования выборки; гипотеза альтернативная (рабочая) – противоположность нулевой.

Гипотеза статистическая – предположение о закономерностях распределения значений признака в совокупности.

Дактиль-метод – стандартное размещение вариантов, при котором контрольный вариант размещается через два изучаемых.

Делянка опытная (посевная) – элементарная единица полевого опыта, имеющая определённый размер и форму и предназначенная для размещения отдельного варианта.

Делянка учетная – часть площади опытной делянки, предназначенной для учёта урожая (без боковых и концевых защиток).

Дисперсионный анализ, или анализ вариации – метод статистической оценки опытных данных, сгруппированных по строкам и колонкам с целью разложения общей вариации данных и степеней свободы по источникам вариации или компонентам опыта (минимум двум: изучаемые варианты и случайный фактор) и оценки существенности различий по F-критерию, отношению дисперсии вариантов к дисперсии ошибки.

Дисперсия – рассеяние, или разброс, в общеупотребительном смысле и статистический параметр (характеристика), представляющий средний квадрат отклонений отдельных значений совокупности (выборки) от генеральной (выборочной) средней.

Дробный учет – учет урожая рекогносцировочного посева одинаковыми (10–50 м²) малыми делянками.

Защитка внутри опытной делянки – часть посевной делянки, на которой не учитывается урожай или это разность между посевной площадью и площадью учётной опытной делянки.

Защитка вокруг опыта – часть площади опытного участка, предназначенная для разворота машин и орудий при закладке и проведении опыта.

Контроль – вариант (варианты) опыта, где отсутствует изучаемый фактор; абсолютный контроль – нулевой вариант; стандарт – контрольный вариант (традиционный, или широко известный приём (сорт), выступающий как база сравнения для новых приёмов (сорт)).

Корреляционный анализ, или анализ корреляции – все методы изучения силы (тесноты) стохастической (вероятностной) связи между признаками количественной изменчивости: коэффициент корреляции (линейная зависимость), корреляционное отношение (криволинейная зависимость) и корреляционная матрица (множественная зависимость).

Корреляция – вероятностная связь одного признака с другим (простая) или одного с несколькими другими (множественная), определяемая, в среднем, для достаточно большого числа наблюдений. В общедоступном смысле корреляция – это когда изменения одного признака вызывают изменения другого. Чем больше эти изменения, тем сильнее корреляционная связь. Асимптотическим пределом корреляции является функциональная связь или причинно-следственная зависимость.

Коэффициент корреляции – показатель тесноты (силы) линейной связи двух признаков. Варьирует в пределах от минус единицы до единицы (при расчётах учитывать третью значимую цифру после запятой). Корреляция считается сильной при коэффициенте корреляции выше 0,70 и слабой при соответствующем коэффициенте менее 0,50.

Коэффициент регрессии – количественная мера связи, которая показывает, на сколько изменится зависимая переменная Y (в своих единицах), если X изменится на единицу измерения.

Латинский квадрат – рендомизированное (случайное) размещение вариантов в полевом опыте, в котором варианты располагаются рядами и столбцами (4x4, 5x5, 6x6 и т. д.). В каждом ряду и столбце должен быть полный набор вариантов схемы (повторения) и, следовательно, в латинском квадрате

число повторностей равно числу вариантов, и общее число делянок равно квадрату числа вариантов.

Латинский прямоугольник – рендомизированное (случайное) размещение вариантов в полевом опыте. В основе лежит латинский квадрат, который определяется по числу повторностей опыта. Число вариантов должно быть кратно числу повторностей ($4 \times 4 \times 3$, число повторностей составляет четыре, число вариантов $12 (4 \cdot 3)$).

Метод неорганизованных повторений – полная рендомизация.

Метод расщеплённых (сложных) делянок – эксперимент, в котором делянки одного опыта используются как блоки для другого. Делянки первого порядка расщепляются на делянки второго порядка, а последние на более мелкие делянки третьего порядка и т. д. Метод расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов используют для закладки многофакторных опытов.

Метод рендомизированных повторений (рендомизация внутри повторений) – эксперимент, в котором варианты по делянкам внутри повторения размещены в случайном порядке по таблице случайных чисел или по жребию.

Методика полевого опыта – совокупность, включающая следующие элементы: вариант, схема опыта, площадь делянки, её форма и направление, повторность и повторение, метод размещения делянок, повторений, вариантов; метод учёта урожая; организация опыта во времени, а также метод статистического анализа данных.

Наблюдение – простейшее научное исследование, пассивная регистрация результатов измерений, анализ и учёт объектов совокупности по какому-либо признаку.

НСР – наименьшая существенная разность, предел случайных отклонений или критическая разность.

Опытный участок (площадь под опытом) – совокупность делянок, защиток, дорожек, дорог.

Ошибка опыта, выборки – мера расхождения между результатами выборочного исследования и истинным значением измеряемой величины.

План опыта – представление основных параметров опыта: варианты, повторность (и повторения), размеры (площадь) делянки и метод размещения вариантов (текстом или рисунком).

Повторение – часть площади опытного участка, включающего делянки с полным набором вариантов схемы опыта.

Повторность на территории – число одноименных вариантов в данном полевым опыте.

Повторность опыта во времени – число лет испытания агротехнических приёмов и сортов.

Полевой опыт – исследование, осуществляемое в полевой обстановке на специально выделенном участке для оценки действия различных вариантов на урожайность растений и его качество.

Полная рендомизация (метод неорганизованных повторений) – расположение вариантов полевого опыта на делянках совершенно случайно.

Рендомизированное (случайное) размещение вариантов – такое размещение вариантов полевого опыта, когда порядок их следования на делянках определяется по жребию или по таблице случайных чисел.

Рекогносцировочный (разведывательный) посев – сплошной посев одной культуры, предшествующий закладке опыта и проводимый для количественного выявления степени однородности (путём дробного учёта урожая) плодородия почвы опытного участка.

Решётка – метод размещения вариантов в опыте при условии, что число вариантов равно квадрату целого числа.

Систематическое размещение вариантов – неизменный порядок следования вариантов в каждом повторении опыта. Систематическое последовательное размещение вариантов применяется при одноярусном расположении делянок в опыте.

Стандартное размещение вариантов – такое расположение вариантов полевого опыта, при котором контроль (стандарт) размещается через один – два изучаемых варианта.

Ступенчатое размещение вариантов – разновидность систематического размещения, когда делянки в опыте располагаются в несколько ярусов и для более равномерного размещения вариантов по площади опыта, их расположение в каждом ярусе сдвигается на частное от деления числа вариантов на число ярусов.

Схема опыта – совокупность опытных и контрольных вариантов, объединённых общей идеей.

Схематический план опыта – план опыта с указанием размеров его компонентов, а также защитных полос и географической и топогеодезической привязки.

Техника (методика) полевого опыта – планирование и проведение опыта, биометрические измерения и учёты, а также технология полевых работ: обработка почвы, внесение удобрений и пестицидов, посев и уборка опытной культуры.

Точность опыта (относительная ошибка) – ошибка средней, выраженная в процентах.

Урожайность – количество продукции растениеводства с единицы земельной площади, измеряемая в килограммах на квадратный метр, центнерах или тоннах с гектара.

Учёт урожая косвенный – метод учёта урожая по средней пробе (пробными снопами, пробными площадками, метровками, отдельными растениями).

Учёт урожая сплошной – метод учёта урожая, при котором всю товарную часть продукции (зерно, клубни) взвешивают и учитывают со всей площади каждой учётной площади опытной делянки.

Факториальный опыт (ПФЭ) – многофакторный опыт, схема которого включает все возможные сочетания (комбинации) двух и более факторов, что позволяет установить их действие и взаимодействие.

Число степеней свободы – число независимых отклонений (сравнений).

Шахматный метод – план опыта, разновидность систематического блока с поярусным сдвигом в последовательности размещения вариантов.

Эксперимент, или опыт – метод научного исследования, осуществляемый путем активного вторжения в естественные процессы и явления или их репрезентативного моделирования на основе тщательно разработанного плана с целью получения новых знаний по четко сформулированной проблеме.

Ямб-метод – стандартное размещение вариантов, при котором контрольный вариант располагается через один изучаемый, расположение делянок однопоярусное, опыт начинается и заканчивается контролем.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерявицкий, Н. Ф. Опытное дело в растениеводстве / Н. Ф. Дерявицкий. – Кишинев : Штиница, 1962. – 616 с.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Ефимов, В. Н. Пособие к учебной практике по агрохимии / В. Н. Ефимов, М. Л. Горлова, Н. Ф. Лунина. – М. : КолосС, 2004. – 192 с.
4. Кирюшин, Б. Д. Основы научных исследований в агрономии / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. – М. : КолосС, 2009. – 398 с.
5. Кузнецова, Е. И. Методы полевых, вегетационных и лизиметрических исследований в агрономии : учебное пособие / Е. И. Кузнецова, М. Г. Алещенко, Е. Н. Закабунина. – М. : Российский государственный аграрный заочный университет, 2010. – 130 с.
6. Методика полевого опыта / под ред. П. Г. Найдина. – М. : Сельхозгиз, 1959. – 319 с.
7. Методика полевых и вегетационных опытов с удобрениями и гербицидами / под ред. А. В. Соколова. – М. : Издательство «Наука», 1967. – 184 с.
8. Муравин, Э. А. Агрохимия / Э. А. Муравин, В. И. Титова. – М. : КолосС, 2010. – 463 с.
9. Основы научных исследований в агрономии / В. Ф. Моисейченко, М. В. Трифонова, А. Х. Заверюха [и др.]. – М. : Колос, 1996. – 336 с.
10. Пискунов, А.С. Методы агрохимических исследований / А. С. Пискунов. – М. : КолосС, 2004. – 312 с.
11. Полоус, Г. П. Основные элементы методики полевого опыта : учебное пособие / Г. П. Полоус. – Ставрополь : Изд-во Ставропольского государственного аграрного университета, 2009. – 108 с.
12. Юдин, Ф.А. Методика агрохимических исследований / Ф. А. Юдин. – М. : Колос, 1980. – 363 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Изучение влияния доз и соотношений азотно-фосфорных удобрений на продуктивность яровой пшеницы в условиях южной зоны Амурской области.
2. Изучение влияния доз калийных удобрений на урожайность картофеля в условиях южной зоны Амурской области.
3. Изучение влияния доз фосфорных удобрений на продуктивность кукурузы в условиях южной зоны Амурской области.
4. Изучение влияния форм азотных удобрений на продуктивность ячменя в условиях южной зоны Амурской области.
5. Изучение влияния форм фосфорных удобрений на урожайность сои в условиях южной зоны Амурской области.
6. Изучение форм калийных удобрений под картофель на тяжелосуглинистых почвах в условиях южной зоны Амурской области.
7. Изучение влияния доз карбамида на продуктивность кукурузы в условиях южной зоны Амурской области.
8. Изучение действия видов органических удобрений в овощном севообороте в условиях южной зоны Амурской области.
9. Изучение действия доз навоза под картофель на луговых черноземовидных почвах в условиях южной зоны Амурской области.
10. Изучение сочетания доз органических и минеральных удобрений под капусту в условиях южной зоны Амурской области.
11. Изучение способов заделки и сроков внесения азотных удобрений под яровую пшеницу в условиях южной зоны Амурской области.
12. Изучение влияния сроков подкормки азотом на урожайность яровой пшеницы в условиях южной зоны Амурской области.

13. Влияние возрастающих доз азотного удобрения на продуктивность и качество зерна яровой пшеницы в условиях южной зоны Амурской области.

14. Сравнительная оценка действия комплексных удобрений на урожайность и качество сои на луговых черноземовидных почвах южной зоны Амурской области.

15. Влияние доз азотных удобрений и регуляторов роста на урожайность кукурузы на зерно в южной зоне Амурской области.

16. Урожайность и качество зерна кукурузы при внесении разных форм кобальтовых удобрений в условиях южной зоны Амурской области.

17. Влияние бактериальных и минеральных удобрений на продуктивность кукурузы в условиях центральной зоны Амурской области.

18. Динамика азота, фосфора, калия в луговой черноземовидной среднесуглинистой почве южной зоны Амурской области при разных системах удобрений.

19. Реакция гибридов кукурузы на разные фоны минерального питания в южной зоне Амурской области.

20. Эффективность минеральных удобрений и способов применения стимуляторов роста на продуктивность сои в условиях центральной зоны Амурской области.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА

Реферат (от лат. *refero* – докладываю, сообщаю) – краткое изложение научной проблемы, результатов научного исследования, идей, содержащихся в одном или нескольких произведениях и т. д.

Реферат является научной работой, поскольку содержит в себе элементы научного исследования. В связи с этим к нему должны предъявляться требования по оформлению, как к научной работе.

Текст реферата должен быть оформлен в соответствии с требованиями государственных стандартов. Общий объём реферата составляет 10–15 страниц печатного текста (с учётом титульного листа, содержания и списка литературы).

В тексте должны композиционно выделяться структурные части работы, отражающие суть исследования: введение, основная часть и заключение, а также заголовки и подзаголовки.

Целью реферативной работы является приобретение навыков работы с литературой, обобщения литературных источников и практического материала по теме, развитие способности грамотно излагать вопросы темы, делать выводы.

Реферат должен содержать: титульный лист, оглавление, введение, основную часть (разделы, части), выводы (заключительная часть), приложения, пронумерованный список использованной литературы (не менее пяти источников) с указанием автора, названия, места издания, издательства, года издания.

В начале реферата помещают **оглавление**, в котором указываются номера страниц по отдельным главам.

Во **введении** следует отразить место рассматриваемого вопроса в естественнонаучной проблематике, его теоретическое и прикладное значение; обосновать выбор данной темы, кратко рассказать о том, почему именно она заинтересовала автора.

Основная часть должна излагаться в соответствии с планом, чётко и последовательно, желательно своими словами. В тексте должны быть ссылки на использованную литературу. При дословном воспроизведении материала каждая цитата должна иметь ссылку на соответствующую позицию в списке использованной литературы с указанием номера страниц, например [12, С. 56] или «В работе [11] рассмотрены....». Каждая глава текста должна начинаться с нового листа, независимо от того, где окончилась предыдущая.

Первая глава. Вступительная часть. Это короткая глава должна содержать несколько вступительных абзацев, непосредственно вводящих в тему реферата.

Вторая глава. Основная научная часть реферата. Здесь в логической последовательности излагается материал по теме реферата. Эту главу целесообразно разбить на подразделы (2.1, 2.2 и т. д.) (с указанием в оглавлении соответствующих страниц).

Все **сноски и подстрочные примечания** располагаются на той же странице, к которой они относятся.

Выводы (заключительная часть) должны содержать краткое обобщение рассмотренного материала, выделение наиболее достоверных и обоснованных положений и утверждений, а также наиболее проблемных, разработанных на уровне гипотез, важность рассмотренной проблемы с точки зрения практического приложения, мировоззрения, этики и т. д.

В этой части автор подводит итог работы, делает краткий анализ и формулирует собственные итоги исследования.

В конце работы прилагается **список используемой литературы**. Литературные источники следует располагать в следующем порядке: энциклопедии, справочники; книги по теме реферата (фамилии и инициалы автора, название книги без кавычек, место издания, название издательства, год издания, номер (номера) страницы); журнальные статьи (название статьи, название журнала, год издания, номер издания, номер страницы).

Общие требования к оформлению. Реферат должен быть выполнен на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210х297 мм). Используется полуторный междустрочный интервал. Цвет шрифта – чёрный. Гарнитура шрифта основного текста – «Times New Roman». Кегль (размер) шрифта должен составлять от 12 до 14 пунктов. Размеры полей страницы (не менее): правое, верхнее и нижнее – по 15 мм, левое – 30 мм. Формат абзаца: полное выравнивание («по ширине»). Отступ красной строки одинаковый по всему тексту.

Страницы должны быть пронумерованы с учётом титульного листа, который не нумеруется. В работах используются цитаты, статистические материалы. Эти данные оформляются в виде сносок (ссылок и примечаний). Расстояние между названием главы (подраздела) и текстом должно быть равно двум интервалам. Размер шрифта для названия главы должен составлять 16 пунктов (полужирное начертание), подзаголовка – 14 пунктов (полужирное начертание), текста работы – 14 пунктов. Точка в конце заголовка, располагаемого по центру листа, не ставится. Заголовки не подчёркиваются. Переносить слова в заголовке не допускается. Абзацы начинаются с новой строки и печатаются с отступом в 1,25 сантиметра. Оглавление (содержание) должно быть помещено в начале работы.

Заголовки разделов и подразделов следует печатать на отдельной строке прописными буквами без точки в конце, не подчеркивая, например: ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Нумерация. Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту (титульный лист и оглавление включают в общую нумерацию). На титульном листе номер не проставляют. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки.

Титульный лист. В верхней части титульного листа пишется, в какой организации выполняется работа, далее буквами увеличенного кегля указывается вид работы («Реферат») и тема работы, ниже в правой половине листа – информация, кто выполнил и кто проверяет работу. В центре нижней части титульного листа пишется город и год выполнения работы.

Библиография. Библиографические ссылки в тексте реферата оформляются в виде номера источника в квадратных скобках.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

К ЗАНЯТИЮ 4.7 РАЗДЕЛА 1 ДЛЯ РАСЧЁТА УРОЖАЙНОСТИ

Индивидуальное задание № 1

Рассчитать урожайность зерна яровой пшеницы (X) при 100-процентной чистоте и стандартной влажности (ц/га):

- а) поделяночный урожай (A) – 12,3 кг/делянку;
- б) площадь деланки (S) – 44,0 м²;
- в) засорённость (C) – 8,5 %;
- г) фактическая влажность зерна при уборке (B) – 20,0 %;
- д) стандартная влажность зерна пшеницы (B_I) – 14,0 %.

Индивидуальное задание № 2

Рассчитать урожайность зерна яровой пшеницы (X) при 100-процентной чистоте и стандартной влажности (ц/га):

- а) поделяночный урожай (A) – 27,4 кг/делянку;
- б) площадь деланки (S) – 105,0 м²;
- в) засорённость (C) – 8,0 %;
- г) фактическая влажность зерна при уборке (B) – 20,0 %;
- д) стандартная влажность зерна пшеницы (B_I) – 14,0 %.

Индивидуальное задание № 3

Рассчитать урожайность зерна ячменя (X) при 100-процентной чистоте и стандартной влажности (ц/га):

- а) поделяночный урожай (A) – 11,3 кг/делянку;
- б) площадь деланки (S) – 40,0 м²;
- в) засорённость (C) – 14,0 %;
- г) фактическая влажность зерна при уборке (B) – 22,0 %;
- д) стандартная влажность зерна ячменя (B_I) – 14,0 %.

Индивидуальное задание № 4

Рассчитать урожайность зерна ячменя (X) при 100-процентной чистоте и стандартной влажности (ц/га):

- а) поделяночный урожай (A) – 8,8 кг/делянку;
- б) площадь деланки (S) – 26,4 м²;
- в) засорённость (C) – 16,0 %;
- г) фактическая влажность зерна при уборке (B) – 19,0 %;
- д) стандартная влажность зерна ячменя (B_I) – 14,0 %.

Индивидуальное задание № 5

Рассчитать урожайность зерна овса (X) при 100-процентной чистоте и стандартной влажности (ц/га):

- а) поделяночный урожай (A) – 25,9 кг/делянку;
- б) площадь деланки (S) – 105,0 м²;
- в) засорённость (C) – 22,0 %;
- г) фактическая влажность зерна при уборке (B) – 17,5 %;
- д) стандартная влажность зерна овса (B_I) – 14,0 %.

Индивидуальное задание № 6

Рассчитать урожайность зерна овса (X) при 100-процентной чистоте и стандартной влажности (ц/га):

- а) поделяночный урожай (A) – 19,6 кг/делянку;
- б) площадь деланки (S) – 55,0 м²;
- в) засорённость (C) – 34,0 %;
- г) фактическая влажность зерна при уборке (B) – 22,0 %;
- д) стандартная влажность зерна овса (B_I) – 14,0 %.

Индивидуальное задание № 7

Рассчитать урожайность зерна сои (X) при 100-процентной чистоте и стандартной влажности (ц/га):

- а) поделяночный урожай (A) – 5,5 кг/делянку;
- б) площадь деланки (S) – 50,0 м²;
- в) засорённость (C) – 14,0 %;
- г) фактическая влажность зерна при уборке (B) – 16,0 %;
- д) стандартная влажность зерна сои (B_I) – 14,0 %.

Индивидуальное задание № 8

Рассчитать урожайность зерна сои (X) при 100-процентной чистоте и стандартной влажности (ц/га):

- а) поделяночный урожай (A) – 17,3 кг/делянку;
- б) площадь деланки (S) – 250,0 м²;
- в) засорённость (C) – 23,0 %;
- г) фактическая влажность зерна при уборке (B) – 17,0 %;
- д) стандартная влажность зерна сои (B_I) – 14,0 %.

Индивидуальное задание № 9

Рассчитать урожайность зерна сои (X) при 100-процентной чистоте и стандартной влажности (ц/га):

- а) поделяночный урожай (A) – 3,0 кг/делянку;
- б) площадь делянки (S) – 14,2 м²;
- в) засорённость (C) – 11,0 %;
- г) фактическая влажность зерна при уборке (B) – 20,0 %;
- д) стандартная влажность зерна сои (B_I) – 14,0 %.

Индивидуальное задание № 10

Рассчитать урожайность чистого зерна кукурузы (X) при стандартной 14-процентной влажности (ц/га):

- а) урожай початков в полной и восковой спелости (Y) – 80,1 ц/га;
- б) выход зерна от урожая початков (II) – 70,0 %;
- в) фактическая влажность зерна при уборке (B) – 24,0 %;

Индивидуальное задание № 11

Рассчитать урожайность чистого зерна кукурузы (X) при стандартной 14-процентной влажности (ц/га):

- а) урожай початков в полной и восковой спелости (Y) – 87,8 ц/га;
- б) выход зерна от урожая початков (II) – 70,0 %;
- в) фактическая влажность зерна при уборке (B) – 25,0 %;

Индивидуальное задание № 12

Рассчитать урожайность чистого зерна кукурузы (X) при стандартной 14-процентной влажности (ц/га):

- а) урожай початков в полной и восковой спелости (Y) – 95,4 ц/га;
- б) выход зерна от урожая початков (II) – 70,0 %;
- в) фактическая влажность зерна при уборке (B) – 28,0 %;

Индивидуальное задание № 13

Рассчитать урожайность картофеля (X) (ц/га):

- а) масса картофеля с делянки (Y) – 88,0 кг;
- б) масса пробы картофеля после промывания и подсушивания (B) – 13,7 кг;
- в) масса пробы картофеля до промывания (A) – 15,0 кг;
- г) учётная площадь опытной делянки (S) – 100,0 м².

Индивидуальное задание № 14

Рассчитать урожайность картофеля (X) (ц/га):

- а) масса картофеля с делянки (Y) – 51,0 кг;
- б) масса пробы картофеля после промывания и подсушивания (B) – 8,8 кг;
- в) масса пробы картофеля до промывания (A) – 10,0 кг;
- г) учётная площадь опытной делянки (S) – 50,0 м².

Индивидуальное задание № 15

Рассчитать урожайность сена многолетних трав (Y), приведённого к стандартной 16-процентной влажности (ц/га):

- а) урожайность зелёной массы трав – 75,0 ц/га;
- б) фактическая влажность зелёной массы в поле – 24,0 %.

Индивидуальное задание № 16

Рассчитать урожайность моркови (X) (ц/га):

- а) масса моркови с делянки (Y) – 58,0 кг;
- б) масса пробы моркови после промывания и подсушивания (B) – 10,1 кг;
- в) масса пробы моркови до промывания (A) – 12,0 кг;
- г) учётная площадь опытной делянки (S) – 44,0 м².

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ УРОВНЯ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ ПО РАЗДЕЛУ 1

Задания для самоконтроля

1. Составить схему опыта на шесть вариантов. Показать схему размещения опыта, если $l = 6$, $n = 4$. Размещение делянок одноярусное, повторений – разбросанное, вариантов – рендомизированное.

2. Составить схему опыта на четыре варианта. Показать схему размещения опыта, если $l = 4$, $n = 3$. Размещение делянок одноярусное, повторений – сплошное, вариантов – рендомизированное внутри повторений.

3. Составить схему многофакторного опыта на четыре варианта. Показать схему размещения опыта, если $l = 4$, $n = 4$. Размещение делянок многоярусное, вариантов – по методу полной рендомизации.

4. Составить схему многофакторного опыта на девять вариантов. Показать схему размещения опыта, если $l = 9$, $n = 3$. Размещение делянок многоярусное, повторений – сплошное, вариантов – латинский прямоугольник.

5. Составить схему опыта на три варианта. Показать схему размещения опыта по методу неорганизованных повторений, если $l = 3$, $n = 4$. Размещение делянок – одноярусное.

6. Составить схему опыта на семь вариантов. Показать схему размещения опыта, если $l = 7$, $n = 3$. Размещение повторений – сплошное, вариантов – по дактиль-методу.

7. Составить схему опыта на шесть вариантов. Показать схему размещения опыта по методу латинского квадрата.

8. Составить схему опыта на 16 вариантов. Показать схему размещения опыта, если $l = 16$, $n = 2$. Размещение повторений – сплошное, вариантов – по методу решётки.

9. Составить схему опыта на пять вариантов. Показать схему размещения опыта, если $l = 5$, $n = 3$. Размещение делянок одноярусное, повторений – сплошное, вариантов – систематическое.

10. Составить схему опыта на пять вариантов. Показать схему размещения опыта, если $l = 5$, $n = 2$. Размещение повторений – сплошное, вариантов – по ямб-методу.

11. Составить схему многофакторного опыта $2 \times 2 \times 2$. Показать размещение опыта, если $l = 8$, $n = 3$. Размещение делянок многоярусное, повторений – сплошное, вариантов – систематическое.

12. Составить схему многофакторного опыта 5×3 . Показать схему размещения опыта, если $n = 3$. Размещение повторений – сплошное, вариантов – расщеплённая делянка.

13. По схеме размещения полевого опыта определить:

1. Сколько в опыте:

а) делянок;

б) вариантов;

в) повторностей;

г) повторений.

2. Метод размещения:

а) делянок;

б) вариантов;

в) повторений.

Опыт № 1

2	2	3	2	3
1	3	2	1	1
2	1	3	1	3

Опыт № 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
5	7	4	3	8	9	1	2	6	II
9	8	6	1	2	4	3	5	7	III

Опыт № 3

I					II					III														
2	1	2	3	2	4	2	5	2	1	2	3	2	4	2	5	2	1	2	3	2	4	2	5	2

Опыт № 4

I					II					III				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Опыт № 5

	I				II				III				IV				V			
I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
II	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3					
III	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6					
IV	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9					
V	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					

Опыт № 6

	A		B		C		D		A		B		C		D	
a																
b																

Опыт № 7

	X						Y						
I	1	2	3	4	5	6	1	7	13	19	25	31	I
II	7	8	9	10	11	12	2	8	14	20	26	32	II
III	13	14	15	16	17	18	3	9	15	21	27	33	III
IV	19	20	21	22	23	24	4	10	16	22	28	34	IV
V	25	26	27	28	29	30	5	11	17	23	29	35	V
VI	31	32	33	34	35	36	6	12	18	24	30	36	VI

Опыт № 8

I									II								
1	3	5	9	1	6	8	2	4	6	2	7	1	3	8	9	5	4
III																	
					9	6	3	5	3	1	4	7	8				

Опыт № 9

	I			II			III		
I	9	1	3	5	8	6	4	2	7
II	8	5	6	7	4	2	1	9	3
III	2	7	4	1	3	9	8	6	5

Опыт № 10

I					II				
2	1	4	3	5	5	3	2	1	4
III					IV				
3	1	4	5	2	1	2	5	3	4

Опыт № 11

I					II					III							
2	3	1	5	6	4	2	3	1	5	6	4	2	3	1	5	6	4

Опыт № 12

I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
II	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4
III	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8
IV	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Опыт № 13

1	2	4	4	3	1	2	3	1	3
2	3	1	2	4	3	1	4	2	4

Опыт № 14

	I	II	III	IV	V
I	2	1	5	3	4
II	5	3	2	4	1
III	4	5	3	1	2
IV	1	2	4	5	3
V	3	4	1	2	5

Опыт № 15

	I				II				III				IV			
I	15	16	1	6	2	4	14	13	11	8	5	10	7	9	12	3
II	11	2	4	7	12	3	1	10	9	16	13	15	8	6	5	14
III	5	13	9	8	6	15	16	7	3	14	12	1	2	11	10	4
IV	3	10	12	14	11	8	5	9	2	7	4	6	15	1	16	13

Опыт № 16

I										II									
a	b	c	a	d	e	a	f	k	a	b	c	a	d	e	a	f	k	a	

Опыт № 17

	X						Y				
I	1	2	3	4	5	I	1	6	11	13	21
II	17	6	7	8	18	II	2	7	12	14	22
III	9	10	11	12	19	III	3	8	19	15	23
IV	13	14	15	16	20	IV	4	17	9	16	24
V	21	22	23	24	25	V	5	18	10	20	25

Опыт № 18

	B ₀	B ₁	B ₁	B ₀			B ₁	B ₀	B ₁	B ₀	
A ₀					A ₀	A ₃					A ₂
A ₁					A ₁	A ₀					A ₃
A ₂					A ₂	A ₂					A ₀
A ₃					A ₃	A ₁					A ₁
	I		II				III		IV		

Опыт № 19

I										II									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4		
III										IV									

Опыт № 20

	I	II	III	IV	V	VI
I	3	2	6	5	4	1
II	2	5	3	4	1	6
III	4	6	1	3	2	5
IV	5	1	4	6	3	2
V	1	3	5	2	6	4
VI	6	4	2	1	5	3

Опыт № 21

I	II	III	IV	V	VI	
1	2	3	4	5	6	I
2	3	4	5	6	1	II
3	4	5	6	1	2	III
4	5	6	1	2	3	IV
5	6	1	2	3	4	V
6	1	2	3	4	5	VI

Опыт № 22

4	2	3	1	2
3	4	2	4	1
4	2	1	4	3
1	3	2	3	1

Тесты для самоконтроля и оценки уровня усвоения знаний

Одним из инструментов самоконтроля и оценки результатов усвоения учебного материала студентом являются тесты.

При изучении дисциплины «Агрохимические методы исследований» по разделу «Полевой метод исследования» использованы следующие формы тестовых заданий:

1. Открытая. Имеет вид неполного утверждения, в котором отсутствуют один или несколько ключевых элементов, обычно одно – два слова.

2. Закрытая. Задание, к которому прилагается список ответов, среди которых хотя бы один ответ должен быть правильным. Ситуация «все ответы правильные» исключается.

Тест № 1

1. Основные элементы методики полевого опыта:

- а) рекогносцировочные посевы;
- б) вариант;
- в) площадь опытной делянки;
- г) защитные полосы;
- д) повторность опыта;
- е) уравнительные посевы;
- ж) методы размещения опытных делянок.

2. Повторность опыта на территории – число одноименных ...

3. Назначение контрольного варианта:

- а) повысить точность исследования;
- б) уменьшить число случайных ошибок;
- в) определить меру чувствительности растения к изучаемому фактору.

4. Случайное размещение вариантов в опыте:

- а) ямб-метод;
- б) полная рендомизация;
- в) латинский квадрат;
- г) дактиль-метод;
- д) последовательное размещение;
- е) расщеплённая делянка.

5. Размещение повторений в опыте:

- а) многоярусное;
- б) сплошное;
- в) разбросанное;
- г) систематическое.

Тест № 2

1. Вариант полевого опыта:

- а) совокупность контрольных и изучаемых делянок;
- б) одна делянка, на которой изучается какой-либо сорт или агрономический прием;
- в) число одноимённых делянок на опытном участке.

2. Цель защитных полос:

- а) исключить влияние края и влияние соседей;
- б) повысить точность исследования;
- в) защитить опытные делянки от влияния ветра.

3. Лучшая форма опытной делянки при изучении в полевом опыте удобрений:

- а) прямоугольная (1:10);
- б) квадратная (1:1);
- в) вытянутая;
- г) круглая.

4. Расположение делянок в опыте:

- а) одноярусное;
- б) систематическое;
- в) латинский квадрат;
- г) многоярусное;

5. Размещение вариантов дактиль-методом:

- а) размещение делянок одноярусное, контрольный вариант размещается через два опытных варианта; опыт начинается и заканчивается контролем;
- б) размещение делянок одноярусное, контрольный вариант размещается через один изучаемый вариант; опыт начинается и заканчивается контролем;
- в) размещение делянок одноярусное и многоярусное; размещение вариантов случайное.

Тест № 3

1. Преимущества стандартных методов размещения вариантов в опыте:
 - а) устраняется влияние пестроты плодородия почвы; при сравнении контрольный вариант – изучаемый вариант;
 - б) каждый вариант опыта сравнивается со своим контролем;
 - в) расположение делянок всегда одноярусное.

2. Ширина защиток вокруг опытного участка для разворота машин и орудий:
 - а) 5 м;
 - б) 1 м;
 - в) 10 м;
 - г) 2 м.

3. Размещение вариантов ямб-методом:
 - а) размещение делянок одноярусное; контрольный вариант размещается через две опытные делянки; опыт начинается и заканчивается контролем;
 - б) размещение делянок одноярусное; контрольный вариант размещается через одну опытную делянку; опыт начинается и заканчивается контролем;
 - г) размещение делянок одноярусное и многоярусное; размещение вариантов случайное.

4. Размещение вариантов латинским квадратом:
 - а) расположение делянок двух ярусное; число вариантов более 10, повторность 3-, 4-кратная;
 - б) число вариантов равно числу повторностей; расположение делянок многоярусное; варианты опыта размещаются по рядам и столбцам;
 - г) число вариантов кратно числу повторностей; расположение делянок многоярусное; варианты опыта размещаются по рядам и столбцам.

5. Основание для выключек или браковок целых делянок перед учётом урожая:
 - а) повреждения растений, вызванные стихийными явлениями;
 - б) случайные повреждения (потравы скотом, птицей, грызунами);
 - в) субъективная оценка на глаз.

Тест № 4

1. Для устранения возможного одностороннего влияния закономерного измерения почвенного плодородия на результаты полевого опыта применяется:

- а) увеличение площади делянки;
- б) уменьшение площади делянки;
- в) рендомизированное размещение вариантов;
- г) систематическое размещение вариантов.

2. Защитные полосы в полевом опыте:

- а) часть учётной площади опытной делянки, на которой не учитывается урожай;
- б) разность между посевной и учётной площадями учётной делянки;
- в) не засеянная площадь опытного участка.

3. Ширина боковых защитных полос для культур сплошного посева в обычных нестационарных агротехнических краткосрочных опытах:

- а) 2–5 м;
- б) 0,15 м;
- в) 0,0 м;
- г) 1,0 м;
- д) 0,45 м.

4. Недостатки стандартных методов размещения вариантов:

- а) увеличенное количество контролей;
- б) растянутость опыта по длине опытного участка;
- в) каждый опытный вариант сравнивается со своим контролем.

5. Способы учёта урожая:

- а) вручную;
- б) сплошной учёт;
- в) комбайном.

Тест № 5

1. Методы учёта урожая:
 - а) сплошной;
 - б) комбайном;
 - в) косвенный;
 - г) вручную.

2. Размещение вариантов латинским прямоугольником:
 - а) расположение делянок двух ярусное; число вариантов более десяти, повторность 3-, 4-кратная;
 - б) число вариантов равно числу повторностей; расположение делянок многоярусное; варианты опыта размещаются по рядам и столбцам;
 - в) число вариантов кратно числу повторностей; расположение делянок многоярусное; варианты опыта размещаются по рядам и столбцам.

3. Ширина боковых защитных полос в опытах по сортоиспытанию:
 - а) 2–5 м;
 - б) 0,15 м;
 - в) 0,0 м;
 - г) 1,0 м;
 - д) 0,45 м.

4. Ширина боковых защитных полос в агротехнических опытах с пропашными культурами:
 - а) 2–5 м;
 - б) один рядок;
 - в) два рядка;
 - г) три рядка;
 - д) 0,0 м.

5. На основании данных рекогносцировочного посева определяется:
 - а) повторность опыта;
 - б) площадь, форма и направление опытной делянки;
 - в) защитные полосы.

Тест № 6

1. Виды вариантов опыта по назначению ...
2. Повторение опыта:
 - а) число одноимённых вариантов на опытном участке;
 - б) часть площади опытного участка, включающая полный набор вариантов схемы опыта;
 - в) число повторностей по вариантам опыта.
3. Лучшая форма опытного участка:
 - а) прямоугольная (1:10);
 - б) близкая к форме квадрата;
 - в) линейная;
 - г) вытянутая.
4. Размещение вариантов опыта на участке с изменением плодородия почвы в двух взаимно перпендикулярных направлениях:
 - а) систематическое;
 - б) стандартное;
 - в) латинский прямоугольник;
 - г) латинский квадрат.
5. Выключка – часть учётной площади опытной делянки, на которой уро-
жай ... учитывается.

Тест № 7

1. Виды вариантов опыта по содержанию ...
2. Оптимальная минимальная площадь опытной делянки для культур сплошного посева в однофакторном нестационарном лабораторно-полевым опыте по изучению эффективности удобрений:
 - а) 100–200 м²;
 - б) 40 м²;
 - в) 60 м²;
 - г) более 1 000 м²;
 - д) 300–500 м².
3. Рендомизированное размещение вариантов в опыте:
 - а) рендомизация внутри повторений;
 - б) ступенчатое размещение;
 - в) латинский прямоугольник;
 - г) дактиль-метод;
 - д) решётка.
4. Методы косвенного учёта урожая в опыте:
 - а) пробными площадками;
 - б) пробными растениями;
 - в) пробными снопами;
 - г) сплошной учёт.
5. Лучшая форма одной опытной делянки:
 - а) круглая;
 - б) прямоугольная (1:10);
 - в) вытянутая (1:20);
 - г) линейная;
 - д) квадратная (1:10).

Тест № 8

1. Требования, предъявляемые к схеме однофакторного опыта при качественном изменении вариантов:

- а) соблюдение принципа единственного различия;
- б) минимальное число вариантов равно двум;
- в) минимальное число вариантов равно пяти;
- г) правильно выбрать контрольный вариант;
- д) правильно выбрать центр схемы опыта;
- е) повторность опыта 4-, 6-кратная.

2. То, что в опыте дозируется, нормируется и эффективность чего можно рассчитать, называется ...

3. Размещение повторений в опыте:

- а) многоярусное;
- б) сплошное;
- в) разбросанное;
- г) систематическое.

4. Назначение контрольного варианта:

- а) повысить точность исследования;
- б) уменьшить число случайных ошибок;
- в) определить меру чувствительности растения к изучаемому фактору.

5. Повторность опыта на территории – число одноимённых ...

Тест № 9

1. Вариант полевого опыта:
 - а) совокупность контрольных и изучаемых делянок;
 - б) одна делянка, на которой изучается какой-либо сорт или агрономический приём;
 - в) число одноимённых делянок на опытном участке.

2. Размещение вариантов латинским прямоугольником:
 - а) расположение делянок двух ярусное; число вариантов более десяти, повторность 3-, 4-кратная;
 - б) число вариантов равно числу повторностей; расположение делянок многоярусное; варианты опыта размещаются по рядам и столбцам;
 - в) число вариантов кратно числу повторностей; расположение делянок многоярусное; варианты опыта размещаются по рядам и столбцам.

3. Требования к схеме однофакторного опыта при количественном изменении вариантов:
 - а) соблюдение принципа единственного различия;
 - б) минимальное число вариантов равно двум;
 - в) минимальное число вариантов равно пяти;
 - г) правильно выбрать контрольный вариант;
 - д) правильно выбрать центр схемы опыта;
 - е) правильно выбрать шаг варьирования.

4. Если в многофакторном опыте прибавка от совместного применения нескольких факторов существенно меньше суммы прибавок от их отдельного применения эффект взаимодействия ...

5. Основание для выключек или браковок целых делянок перед учётом урожая:
 - а) повреждения растений, вызванные стихийными явлениями;
 - б) случайные повреждения (потравы скотом, птицей, грызунами);
 - в) субъективная оценка на глаз.

Тест № 10

1. Полный факториальный эксперимент:

- а) схема опыта включает все возможные сочетания вариантов;
- б) изучается действие и взаимодействие факторов;
- в) варианты схемы опыта размещаются на опытных делянках только по методу латинского квадрата и прямоугольника.

2. Взаимодействие факторов – ... эффект, который может быть получен при совместном действии двух и более факторов.

3. Расположение делянок в опыте:

- а) одноярусное;
- б) систематическое;
- в) латинский квадрат;
- г) многоярусное.

4. Случайное размещение вариантов в опыте:

- а) ямб-метод;
- б) полная рендомизация;
- в) латинский квадрат;
- г) дактиль-метод;
- д) последовательное размещение;
- е) расщеплённая делянка.

5. Защитные полосы в полевом опыте:

- а) часть учётной площади опытной делянки, на которой не учитывается урожай;
- б) разность между посевной и учётной площадями учётной делянки;
- в) не засеянная площадь опытного участка.

Тест № 11

1. Если в многофакторном опыте прибавка от совместного применения нескольких факторов существенно больше суммы прибавок от их отдельного применения эффект взаимодействия ...

2. Методы косвенного учёта урожая в опыте:

- а) пробными площадками;
- б) пробными растениями;
- в) пробными снопами;
- г) сплошной учёт.

3. Размещение вариантов латинским квадратом:

- а) расположение делянок двух ярусное; число вариантов более десяти, повторность 3-, 4-кратная;
- б) число вариантов равно числу повторностей; расположение делянок многоярусное; варианты опыта размещаются по рядам и столбцам;
- г) число вариантов кратно числу повторностей; расположение делянок многоярусное; варианты опыта размещаются по рядам и столбцам.

4. Ширина боковых защитных полос в опытах по сортоиспытанию:

- а) 2–5 м;
- б) 0,15 м;
- в) 0,0 м;
- г) 1,0 м;
- д) 0,45 м.

5. Основные элементы методики полевого опыта:

- а) рекогносцировочные посевы;
- б) вариант;
- в) площадь опытной делянки;
- г) защитные полосы;
- д) повторность опыта;
- е) уравнительные посевы;
- ж) методы размещения опытных делянок.

Тест № 12

1. Если в многофакторном опыте при совместном применении факторов прибавка существенно не отличается от суммы прибавок при их отдельном применении, отмечается явление ...

2. Преимущества стандартных методов размещения вариантов в опыте:

- а) устраняется влияние пестроты плодородия почвы; при сравнении контрольный вариант – изучаемый вариант;
- б) каждый вариант опыта сравнивается со своим контролем;
- в) расположение делянок всегда одноярусное.

3. Ширина боковых защитных полос в агротехнических опытах с пропашными культурами:

- а) 2–5 м;
- б) один рядок;
- в) два рядка;
- г) три рядка;
- д) 0,0 м.

4. Рендомизированное размещение вариантов в опыте:

- а) рендомизация внутри повторений;
- б) ступенчатое размещение;
- в) латинский прямоугольник;
- г) дактиль-метод;
- д) решётка.

5. Недостатки стандартных методов размещения вариантов:

- а) увеличенное количество контролей;
- б) растянутость опыта по длине опытного участка;
- в) каждый опытный вариант сравнивается со своим контролем.

Тест № 13

1. Способы учёта урожая:
 - а) вручную;
 - б) сплошной учёт;
 - в) комбайном.

2. То, что в опыте дозируется, нормируется и эффективность чего можно рассчитать называется ...

3. Требования, предъявляемые к схеме однофакторного опыта при качественном изменении вариантов:
 - а) соблюдение принципа единственного различия;
 - б) минимальное число вариантов равно двум;
 - в) минимальное число вариантов равно пяти;
 - г) правильно выбрать контрольный вариант;
 - д) правильно выбрать центр схемы опыта;
 - е) повторность опыта 4-, 6-кратная.

4. Размещение вариантов дактиль-методом:
 - а) размещение делянок одноярусное, контрольный вариант размещается через два опытных варианта; опыт начинается и заканчивается контролем;
 - б) размещение делянок одноярусное, контрольный вариант размещается через один изучаемый вариант; опыт начинается и заканчивается контролем;
 - в) размещение делянок одноярусное и многоярусное; размещение вариантов случайное.

5. Лучшая форма опытной делянки при изучении в полевом опыте вредителей:
 - а) прямоугольная (1:10);
 - б) квадратная (1:1);
 - в) вытянутая;
 - г) круглая.

Тест № 14

1. Лучшая форма опытного участка:

- а) прямоугольная (1:10);
- б) близкая к форме квадрата;
- в) линейная.

2. Оптимальная минимальная площадь опытной делянки для культур сплошного посева в однофакторном нестационарном лабораторно-полевом опыте по изучению эффективности удобрений:

- а) 100–200 м²;
- б) 40 м²;
- в) 60 м²;
- г) более 1 000 м²;
- д) 300–500 м².

3. Для устранения возможного одностороннего влияния закономерного изменения почвенного плодородия на результаты полевого опыта применяется:

- а) увеличение площади делянки;
- б) уменьшение площади делянки;
- в) рендомизированное размещение вариантов;
- г) систематическое размещение вариантов.

4. На основании данных рекогносцировочного посева определяется:

- а) повторность опыта;
- б) площадь, форма и направление опытной делянки;
- в) защитные полосы.

5. Повторение опыта:

- а) число одноименных вариантов на опытном участке;
- б) часть площади опытного участка, включающая полный набор вариантов схемы опыта;
- в) число повторностей по вариантам опыта.

Тест № 15

1. Цель защитных полос:
 - а) исключить влияние края и влияние соседей;
 - б) повысить точность исследования;
 - в) защитить опытные делянки от влияния ветра.

2. Ширина боковых защитных полос для культур сплошного посева в обычных нестационарных агротехнических краткосрочных опытах:
 - а) 2–5 м;
 - б) 0,15 м;
 - в) 0,0 м;
 - г) 1,0 м;
 - д) 0,45 м.

3. Основание для выключек или браковок целых делянок перед учётом урожая:
 - а) повреждения растений, вызванные стихийными явлениями;
 - б) случайные повреждения (потравы скотом, птицей, грызунами);
 - в) субъективная оценка на глаз.

4. Если в многофакторном опыте прибавка от совместного применения нескольких факторов существенно меньше суммы прибавок от их отдельного применения эффект взаимодействия ...

5. Виды вариантов опыта по назначению ...

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К ЗАНЯТИЯМ 2–3 РАЗДЕЛА 2

Индивидуальное задание № 1

Восстановить урожайность яровой пшеницы с выпавших делянок.

Таблица Д.1 – Данные для восстановления урожайности яровой пшеницы с выпавших делянок

В центнерах с гектара

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений	10,5	13,2	12,8	12,9
N ₃₀	14,5	14,1	15,0	12,9
N ₃₀ P ₃₀	17,9	18,2	19,4	17,2
N ₆₀ P ₃₀	18,5	22,3	21,7	(20,8)
N ₉₀ P ₃₀	18,7	22,6	(19,5)	17,2

Индивидуальное задание № 2

Восстановить урожайность ячменя с выпавших делянок.

Таблица Д.2 – Данные для восстановления урожайности ячменя с выпавших делянок

В центнерах с гектара

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений	10,3	13,7	(11,7)	11,0
N ₃₀	15,5	13,1	11,7	12,9
N ₃₀ P ₃₀	14,2	13,9	13,1	(13,7)
N ₆₀ P ₃₀	17,6	16,7	15,0	16,7
N ₉₀ P ₃₀	21,4	16,7	17,5	15,2

Индивидуальное задание № 3

Восстановить урожайность сои с выпавших делянок.

Таблица Д.3 – Данные для восстановления урожайности сои с выпавших делянок

В центнерах с гектара

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений	(7,7)	7,4	8,1	7,7
N ₃₀	9,3	9,9	8,8	(9,3)
N ₃₀ P ₃₀	10,1	10,4	10,0	10,5
N ₆₀ P ₃₀	10,9	11,4	11,5	11,5
N ₉₀ P ₃₀	12,3	12,9	12,0	12,5

Индивидуальное задание № 4

Восстановить урожайность яровой пшеницы с выпавших делянок.

Таблица Д.4 – Данные для восстановления урожайности яровой пшеницы с выпавших делянок

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений	29,2	30,2	19,8	27,1
N ₃₀	29,2	35,4	30,2	(31,6)
N ₃₀ P ₃₀	(34,7)	32,5	43,8	27,7
N ₆₀ P ₃₀	32,3	25,0	29,2	31,5
N ₉₀ P ₃₀	30,2	32,3	42,7	39,6

Индивидуальное задание № 5

Восстановить урожайность яровой пшеницы с выпавших делянок.

Таблица Д.5 – Данные для восстановления урожайности яровой пшеницы с выпавших делянок

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений	17,7	16,7	19,8	14,6
N ₃₀	20,8	19,8	(20,5)	21,0
N ₃₀ P ₃₀	19,8	20,8	20,8	19,8
N ₆₀ P ₃₀	29,2	20,8	26,0	27,1
N ₉₀ P ₃₀	(28,5)	27,1	30,2	28,1

Индивидуальное задание № 6

Восстановить урожайность гречихи с выпавших делянок.

Таблица Д.6 – Данные для восстановления урожайности гречихи с выпавших делянок

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений	4,0	3,8	4,1	4,5
P ₃₀	4,3	4,1	4,4	4,3
P ₆₀	(5,0)	5,0	5,6	4,5
N ₃₀ P ₃₀	(5,5)	5,4	6,0	5,1
N ₃₀ P ₆₀	6,2	6,0	6,4	5,5

Индивидуальное задание № 7

Восстановить урожайность сои с выпавших делянок.

Таблица Д.7 – Данные для восстановления урожайности сои с выпавших делянок
В центнерах с гектара

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений	(7,3)	7,7	6,9	7,4
N ₃₀	(8,3)	8,3	8,5	8,0
N ₃₀ P ₃₀	9,0	8,5	9,1	9,2
N ₆₀ P ₃₀	9,7	10,1	9,9	9,7
N ₆₀ P ₆₀	11,4	11,0	10,9	11,3

Индивидуальное задание № 8

Восстановить урожайность яровой пшеницы с выпавших делянок.

Таблица Д.8 – Данные для восстановления урожайности яровой пшеницы с выпавших делянок
В центнерах с гектара

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений	24,0	24,0	25,0	21,0
N ₃₀	24,0	(21,9)	20,8	21,0
N ₃₀ P ₃₀	24,0	22,9	(22,2)	19,8
N ₆₀ P ₃₀	27,1	25,0	25,0	26,0
N ₉₀ P ₃₀	32,3	33,3	34,4	35,4

Индивидуальное задание № 9

Восстановить урожайность кукурузы с выпавших делянок.

Таблица Д.9 – Данные для восстановления урожайности кукурузы с выпавших делянок
В центнерах с гектара

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений	45,4	(46,2)	46,8	46,3
Фон + N ₃₀ P ₃₀	(51,9)	51,7	52,0	51,9
Фон + Агропон С (обработка семян)	53,4	55,2	54,3	54,8
Фон + Эмистим Р (обработка семян)	52,7	52,8	52,0	51,9

Индивидуальное задание № 10

Восстановить урожайность кукурузы с выпавших делянок.

Таблица Д.10 – Данные для восстановления урожайности кукурузы с выпавших делянок
В центнерах с гектара

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений	44,0	43,5	44,1	44,5
Фон + N ₃₀ P ₃₀	51,4	52,3	51,3	(51,7)
Фон + Азотовит (по вегетации)	48,5	49,2	48,7	48,9
Фон + Фосфотовит (по вегетации)	45,5	(46,2)	46,4	46,7
Фон + Азотовит + Фосфотовит (по вегетации)	52,8	53,7	53,2	54,0

Индивидуальное задание № 11

Восстановить урожайность кукурузы с выпавших делянок.

Таблица Д.11 – Данные для восстановления урожайности кукурузы с выпавших делянок
В центнерах с гектара

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений	56,0	60,3	53,3	54,8
N ₃₀ P ₃₀	56,0	58,0	58,2	58,5
N ₆₀ P ₃₀	66,0	(66,7)	66,9	67,2
N ₆₀ P ₆₀	64,5	64,3	67,9	59,5
N ₉₀ P ₆₀	61,5	59,0	64,8	(61,8)

Индивидуальное задание № 12

Восстановить урожайность яровой пшеницы с выпавших делянок.

Таблица Д.12 – Данные для восстановления урожайности яровой пшеницы с выпавших делянок

В центнерах с гектара

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений и стимуляторов роста	32,5	29,4	28,1	(30,0)
Фон (N ₃₀ P ₃₀)	27,5	27,7	27,7	27,1
Фон + Агропон С (опрыскивание по вегетации – 10 мл/га)	31,6	28,8	27,2	28,4
Фон + Эмистим Р (опрыскивание по вегетации – 1 мл/га)	33,8	36,9	28,8	(33,2)

Индивидуальное задание № 13

Восстановить урожайность кукурузы с выпавших делянок.

Таблица Д.13 – Данные для восстановления урожайности кукурузы с выпавших делянок
В центнерах с гектара

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений	65,1	64,3	64,0	64,8
Аммофос, 1,3 ц/га	83,4	81,9	82,9	83,2
Аммиачная селитра, 1,7 ц/га	69,5	71,4	(70,3)	69,9
Сульфат аммония, 2,5 ц/га	63,4	62,8	62,9	61,7
Аммофос (1,3 ц/га) + Аммиачная селитра (1,7 ц/га)	(72,7)	73,0	72,5	72,5

Индивидуальное задание № 14

Восстановить урожайность кукурузы с выпавших делянок.

Таблица Д.14 – Данные для восстановления урожайности кукурузы с выпавших делянок
В центнерах с гектара

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений	84,7	84,3	85,1	(84,7)
N ₃₀ P ₃₀	91,5	93,5	92,5	91,8
N ₆₀ P ₃₀	95,2	95,7	96,1	95,4
N ₆₀ P ₆₀	89,8	92,3	91,5	91,7
N ₉₀ P ₆₀	(93,0)	93,0	92,1	93,9

Индивидуальное задание № 15

Восстановить урожайность кукурузы с выпавших делянок.

Таблица Д.15 – Данные для восстановления урожайности кукурузы с выпавших делянок
В центнерах с гектара

Вариант опыта	Урожайность по повторностям			
	1	2	3	4
Контроль без удобрений	51,3	47,4	48,2	48,9
N ₆₀ P ₃₀ (фон)	52,7	55,3	53,0	52,9
Фон + сера	70,3	69,2	70,3	(69,9)
Фон + цинк	54,0	54,3	54,4	53,9
Фон + кобальт	108,7	113,2	(111,2)	111,8

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
ТАБЛИЦА ВЕЛИЧИН F ДЛЯ ВЕРОЯТНОСТИ 95 % ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ
СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ БОЛЬШЕГО ν_1 И МЕНЬШЕГО ν_2 КВАДРАТА РАССЕЯНИЯ

Таблица Е.1 – Значения F для вероятности 95 % для различных степеней свободы большего ν_1 и меньшего ν_2 квадрата рассеяния

ν_2	ν_1												
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	20	40	∞
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,39	19,41	19,44	19,47	19,50
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,78	8,74	8,66	8,60	8,53
4	7,71	6,94	6,54	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	5,96	5,91	5,80	5,71	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,84	4,74	4,68	4,56	4,46	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,06	4,00	3,87	3,77	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,63	3,57	3,44	3,34	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,34	3,28	3,15	3,05	2,93
9	5,21	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,13	3,07	2,93	2,82	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	2,97	2,91	2,77	2,67	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,86	2,79	2,65	2,53	2,40
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,76	2,69	2,54	2,42	2,30
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,84	2,77	2,67	2,60	2,46	2,34	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,70	2,60	2,53	2,39	2,27	2,13
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,49	2,42	2,28	2,16	2,01

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
ТАБЛИЦА ВЕЛИЧИН F ДЛЯ ВЕРОЯТНОСТИ 99 % ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ
СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ БОЛЬШЕГО ν_1 И МЕНЬШЕГО ν_2 КВАДРАТА РАССЕЯНИЯ

Таблица Ж.1 – Значения F для вероятности 99 % для различных степеней свободы большего ν_1 и меньшего ν_2 квадрата рассеяния

ν_2	ν_1												
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	20	40	∞
2	98,49	99,00	99,17	99,25	99,30	99,33	99,34	99,36	99,40	99,42	99,45	99,48	99,50
3	34,12	30,82	29,46	28,71	28,24	27,91	27,67	27,49	27,23	27,05	26,69	26,41	26,12
4	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,98	14,80	14,54	14,37	14,02	13,74	13,46
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,45	10,27	10,05	9,89	9,55	9,29	9,02
6	13,74	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,87	7,72	7,39	7,14	6,88
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	7,00	6,84	6,62	6,47	6,15	5,90	5,65
8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,19	6,03	5,82	5,67	5,36	5,11	4,86
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,62	5,47	5,26	5,11	4,80	4,56	4,31
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,21	5,06	4,85	4,71	4,41	4,17	3,91
11	9,65	7,20	6,22	5,67	5,32	5,07	4,88	4,74	4,54	4,40	4,10	3,86	3,60
12	9,33	6,93	5,59	5,41	5,06	4,82	4,65	4,50	4,30	4,16	3,86	3,61	3,36
13	9,07	6,70	5,74	5,20	4,86	4,62	4,44	4,30	4,10	3,96	3,67	3,42	3,16
14	8,86	6,51	5,56	5,03	4,69	4,46	4,28	4,14	3,94	3,80	3,51	3,26	3,00
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	4,03	3,89	3,69	3,55	3,25	3,01	2,75
18	8,28	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,85	3,71	3,51	3,37	3,07	2,83	2,57
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,71	3,56	3,37	3,23	2,94	2,69	2,42
22	7,94	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,59	3,45	3,26	3,12	2,83	2,58	2,31
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,50	3,36	3,17	3,03	2,74	2,49	2,21
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,09	2,96	2,66	2,41	2,13
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,76	3,53	3,36	3,23	3,03	2,90	2,60	2,35	2,06
30	7,65	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	2,98	2,84	2,55	2,29	2,01
40	7,81	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,80	2,66	2,37	2,11	1,81
60	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,95	2,82	2,63	2,50	2,20	1,93	1,60
100	6,90	4,82	3,98	3,51	3,20	2,99	2,82	2,69	2,51	2,36	2,06	1,79	1,43
∞	6,64	4,60	3,78	3,32	3,02	2,80	2,64	2,51	2,32	2,18	1,87	1,59	1,00

ПРИЛОЖЕНИЕ И

СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КРИТЕРИЯ

ДОСТОВЕРНОСТИ (t-КРИТЕРИЙ СТЬЮДЕНТА)

Таблица И.1 – Стандартные значения критерия достоверности (t-критерия Стьюдента)

Число степеней свободы	Уровень вероятности (P)			Число степеней свободы	Уровень вероятности (P)		
	0,95	0,99	0,999		0,95	0,99	0,999
1	12,7	63,7	637,0	17	2,1	2,9	
2	4,3	9,9	31,6	18	2,1	2,9	4,0
3	3,2	5,8	12,9	19	2,1	2,9	3,9
4	2,8	4,6	8,6	20	2,1	2,8	3,9
5	2,6	4,0	6,9	21	2,1	2,8	3,9
6	2,4	3,7	6,0	22	2,1	2,8	3,8
7	2,4	3,5	5,3	23	2,1	2,8	3,8
8	2,3	3,4	5,0	24	2,1	2,8	3,8
9	2,3	3,3	4,8	25–28	2,1	2,8	3,7
10	2,2	3,2	4,6	29–30	2,0	2,8	3,7
11	2,2	3,1	4,4	31–34	2,0	2,7	3,7
12	2,2	3,1	4,3	35–42	2,0	2,7	3,7
13	2,2	3,0	4,1	43–62	2,0	2,7	3,6
14	2,1	3,0	4,1	63–175	2,0	2,6	3,4
15	2,1	3,0	4,0	176 и более	2,0	2,6	3,3
16	2,1	2,9	4,0				

ПРИЛОЖЕНИЕ К
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
К ЗАНЯТИЮ 4 РАЗДЕЛА 2 ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
КОРРЕЛЯЦИОННОГО И РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

Индивидуальное задание № 1

Установить корреляционную зависимость между урожайностью яровой пшеницы и содержанием нитратного азота в почве.

Таблица К.1 – Данные об урожайности яровой пшеницы и содержании нитратного азота в почве

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Содержание N-NO ₃ , мг/кг (X)
Контроль без удобрений	12,5	1,92
N ₃₀	13,9	2,04
N ₃₀ P ₃₀	18,7	2,72
N ₆₀ P ₃₀	21,5	3,96
N ₉₀ P ₃₀	22,2	5,17

Индивидуальное задание № 2

Установить корреляционную зависимость между урожайностью яровой пшеницы и массой 1 000 семян.

Таблица К.2 – Данные об урожайности яровой пшеницы и массе 1 000 семян

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Масса 1000 семян, г (X)
Контроль без удобрений	12,2	29,6
N ₃₀	13,5	30,4
N ₃₀ P ₃₀	13,7	31,4
N ₆₀ P ₃₀	16,9	32,0
N ₉₀ P ₃₀	17,7	31,8

Индивидуальное задание № 3

Установить корреляционную зависимость между урожайностью сои и содержанием белка в зерне.

Таблица К.3 – Данные об урожайности сои и содержании белка в зерне

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Содержание белка в зерне, % (X)
Контроль без удобрений	7,5	17,3
N ₃₀	8,9	17,7
N ₃₀ P ₃₀	10,3	18,0
N ₆₀ P ₃₀	11,2	17,2
N ₉₀ P ₃₀	12,4	16,3

Индивидуальное задание № 4

Установить корреляционную зависимость между урожайностью яровой пшеницы и содержанием нитратного азота в почве.

Таблица К.4 – Данные об урожайности яровой пшеницы и содержании нитратного азота в почве

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Содержание N-NO ₃ , мг/кг (X)
Контроль без удобрений	26,4	1,73
N ₃₀	30,7	1,77
N ₃₀ P ₃₀	34,9	1,80
N ₆₀ P ₃₀	35,2	1,34
N ₉₀ P ₃₀	38,1	2,17

Индивидуальное задание № 5

Установить корреляционную зависимость между урожайностью яровой пшеницы и натурной массой зерна.

Таблица К.5 – Данные об урожайности яровой пшеницы и натурной массе зерна

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Натурная масса зерна, г/л (X)
Контроль без удобрений	17,4	705
N ₃₀	20,5	745
N ₃₀ P ₃₀	20,8	815
N ₆₀ P ₃₀	25,4	834
N ₉₀ P ₃₀	28,5	835

Индивидуальное задание № 6

Установить корреляционную зависимость между урожайностью гречихи и содержанием подвижного фосфора в почве.

Таблица К.6 – Данные об урожайности гречихи и содержании подвижного фосфора в почве

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг (X)
Контроль без удобрений	4,0	55,0
P ₃₀	4,3	62,0
P ₆₀	5,0	77,0
N ₃₀ P ₃₀	5,5	67,0
N ₃₀ P ₆₀	6,0	70,0

Индивидуальное задание № 7

Установить корреляционную зависимость между урожайностью сои и содержанием белка в зерне.

Таблица К.7 – Данные об урожайности сои и содержании белка в зерне

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Содержание белка в зерне, % (X)
Контроль без удобрений	7,3	18,4
N ₃₀	8,3	18,7
N ₃₀ P ₃₀	9,0	18,9
N ₆₀ P ₃₀	9,7	20,2
N ₆₀ P ₆₀	10,8	20,7

Индивидуальное задание № 8

Установить корреляционную зависимость между урожайностью яровой пшеницы и содержанием аммонийного азота в почве.

Таблица К.8 – Данные об урожайности яровой пшеницы и содержании аммонийного азота в почве

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Содержание NH ₄ , мг/кг (X)
Контроль без удобрений	23,1	11,0
N ₃₀	24,0	11,0
N ₃₀ P ₃₀	24,2	12,0
N ₆₀ P ₃₀	25,3	12,0
N ₉₀ P ₃₀	33,9	11,0

Индивидуальное задание № 9

Установить корреляционную зависимость между урожайностью кукурузы и площадью листьев в фазу початкообразования.

Таблица К.9 – Данные об урожайности кукурузы и площади листьев в фазу початкообразования

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Площадь листьев, тыс. м ² /га (X)
Контроль	46,2	59,4
Фон + N ₃₀ P ₃₀	51,9	67,4
Фон + Агропон С (обработка семян)	55,0	62,6
Фон + Эмистим Р (обработка семян)	52,9	67,1

Индивидуальное задание № 10

Установить корреляционную зависимость между урожайностью кукурузы и сухой массой в фазу початкообразования.

Таблица К.10 – Данные об урожайности кукурузы и сухой массе в фазу початкообразования

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Сухая масса, ц/га (X)
Контроль	44,2	9,3
Фон + N ₃₀ P ₃₀	51,7	10,1
Фон + Азотовит (по вегетации)	49,2	15,4
Фон + Фосфотовит (по вегетации)	46,2	12,9
Фон + Азотовит + Фосфотовит (по вегетации)	54,0	12,9

Индивидуальное задание № 11

Установить корреляционную зависимость между урожайностью кукурузы и содержанием минерального азота в почве.

Таблица К.11 – Данные об урожайности кукурузы и содержании минерального азота в почве

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Содержание минерального азота в почве, мг/кг (X)
Контроль без удобрений	55,2	13,8
N ₃₀ P ₃₀	57,9	15,1
N ₆₀ P ₃₀	66,7	15,9
N ₆₀ P ₆₀	65,3	13,2
N ₉₀ P ₆₀	61,8	12,9

Индивидуальное задание № 12

Установить корреляционную зависимость между урожайностью яровой пшеницы и массой зерна в колосе.

Таблица К.12 – Данные об урожайности яровой пшеницы и массе зерна в колосе

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Масса зерна в колосе, г (X)
Контроль без удобрений и стимуляторов роста	30,0	1,6
N ₃₀ P ₃₀ (фон)	27,5	1,7
Фон + Агропон С (опрыскивание по вегетации)	30,9	1,5
Фон + Эмистим Р (опрыскивание по вегетации)	33,2	1,4

Индивидуальное задание № 13

Установить корреляционную зависимость между урожайностью кукурузы и содержанием подвижного калия в почве в фазу полной спелости.

Таблица К.13 – Данные об урожайности кукурузы и содержании подвижного калия в почве в фазу полной спелости

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Содержание подвижного калия в почве, мг/кг (X)
Контроль без удобрений	64,4	298,0
Аммофос, 1,3 ц/га	81,9	312,0
Аммиачная селитра, 1,7 ц/га	70,3	325,0
Сульфат аммония, 2,5 ц/га	63,4	292,0
Аммофос (1,3 ц/га) + Аммиачная селитра (1,7 ц/га)	72,7	345,0

Индивидуальное задание № 14

Установить корреляционную зависимость между урожайностью кукурузы и содержанием подвижного фосфора в почве в фазу полной спелости.

Таблица К.14 – Данные об урожайности кукурузы и содержании подвижного фосфора в почве в фазу полной спелости

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг (X)
Контроль без удобрений	84,7	45,0
N ₃₀ P ₃₀	91,5	57,0
N ₆₀ P ₃₀	95,6	67,0
N ₆₀ P ₆₀	92,5	60,0
N ₉₀ P ₆₀	93,9	72,0

Индивидуальное задание № 15

Установить корреляционную зависимость между урожайностью кукурузы и содержанием крахмала в зерне.

Таблица К.15 – Данные об урожайности кукурузы и содержании крахмала в зерне

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (Y)	Содержание крахмала, мг/кг (X)
Контроль без удобрений	48,5	56,1
N ₆₀ P ₃₀ (фон)	52,8	60,7
Фон + сера	69,9	64,1
Фон + цинк	54,0	62,2
Фон + кобальт	98,7	67,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Л. БАНК ДАННЫХ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Таблица Л.1 – Форма банка данных земельных участков землепользования хозяйства

Банк данных земельных участков землепользования _____ области _____ района _____ хозяйства
(заполняется в конце каждого рабочего дня)

Отделе- ние, бри- гада	Номер севообо- рота	Тип се- вообо- рота	Номер контура	Пло- щадь, га	Номер земель- ного участка	Название почвы	Грануло- метриче- ский со- став	Рельеф	Крутизна склона	Экспози- ция	Степень эродиро- ванности	Визуаль- ная оценка фитоток- сично- сти, балл

Продолжение формы

Гамма- фон, мкР/ч	Наличие сорняков	Обработка почвы			Микро- заповед- ники	Балл бонитета						Ф.И.О. руково- дителя
		вспашка	культи- вация	дискова- ние								

Таблица Л.2 – Форма банка данных земельных участков землепользователей хозяйства

Банк данных земельных участков землепользователей _____ области _____ района _____ хозяйства
(заполняется в поле при отборе образцов)

Номер рабо- чего участка	Номер элементар- ного участка	Рельеф	Крутизна склона	Визуальная оценка фитотоксичности, балл	Наличие сорняков	Точки измерения гамма-фона		
						1	2	3

Продолжение формы

					Гамма-фон, мкР/ч (среднее)	Микро-заповедники	Ф.И.О. руководителя
4	5	6	7	8			

ПРИЛОЖЕНИЕ М. ПАСПОРТНАЯ ВЕДОМОСТЬ

Таблица М.1 – Форма паспортной ведомости

_____ область _____ район _____ хозяйство _____ год обследования _____ цикл обследования

№ п/п	Отделение	Севообо- рот		Номер поля	Участок	Пло- щадь, га	Тип почвы	Гранулометри- ческий состав	Степень смытости	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH _{KCl}	Гумус, %	Н _г , мг- экв/ 100 г почвы
		Тип	№							мг/кг				

Продолжение формы

Ca	Mg	S	ЕКО	Al	Обмен- ная кис- лот- ность	V, %	Zn	Ni	Cu	Pb	As	Hg	Mn	Co	Cd	Cr	F	Sr	Комплекс- ный агрохи- мический балл	Экологиче- ский балл	Кoeffи- циент токсично- сти	
мг-экв/100 г почвы							мг/кг															

ПРИЛОЖЕНИЕ Н. ПОЛЕВАЯ ВЕДОМОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО АГРОХИМИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

Таблица Н.1 – Форма банка данных земельных участков землепользователей хозяйства

Банк данных земельных участков землепользователей _____ область _____ район _____ хозяйство _____

Отдел (бри- гада)	Номер севообо- рота	Тип се- вообо- рота	Номер контура	Пло- щадь, га	Номер эlemen- тарного участка	Назва- ние почвы	Грануло- метриче- ский со- став	Положе- ние в ре- льефе	Кру- тизна склона	Экспли- кация	Степень эродиро- ванности почв	Визуаль- ная оценка фитоток- сично- сти, балл

Продолжение формы

Гамма-фон, мкР/ч	Наличие сорняков	Обработка почвы			Микро-западины	Балл бонитета					Ф.И.О. руководителя
		вспашка	культивация	дискование							

ПРИЛОЖЕНИЕ П ПРИМЕРЫ КАРТОГРАММ

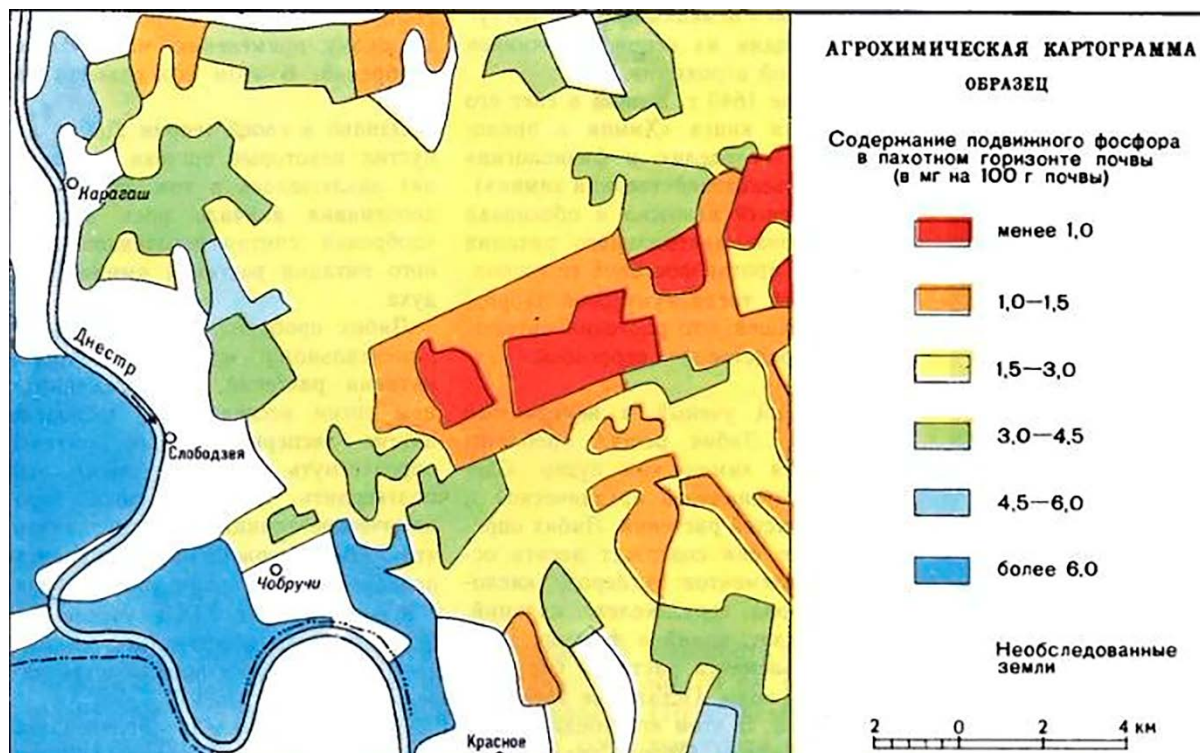
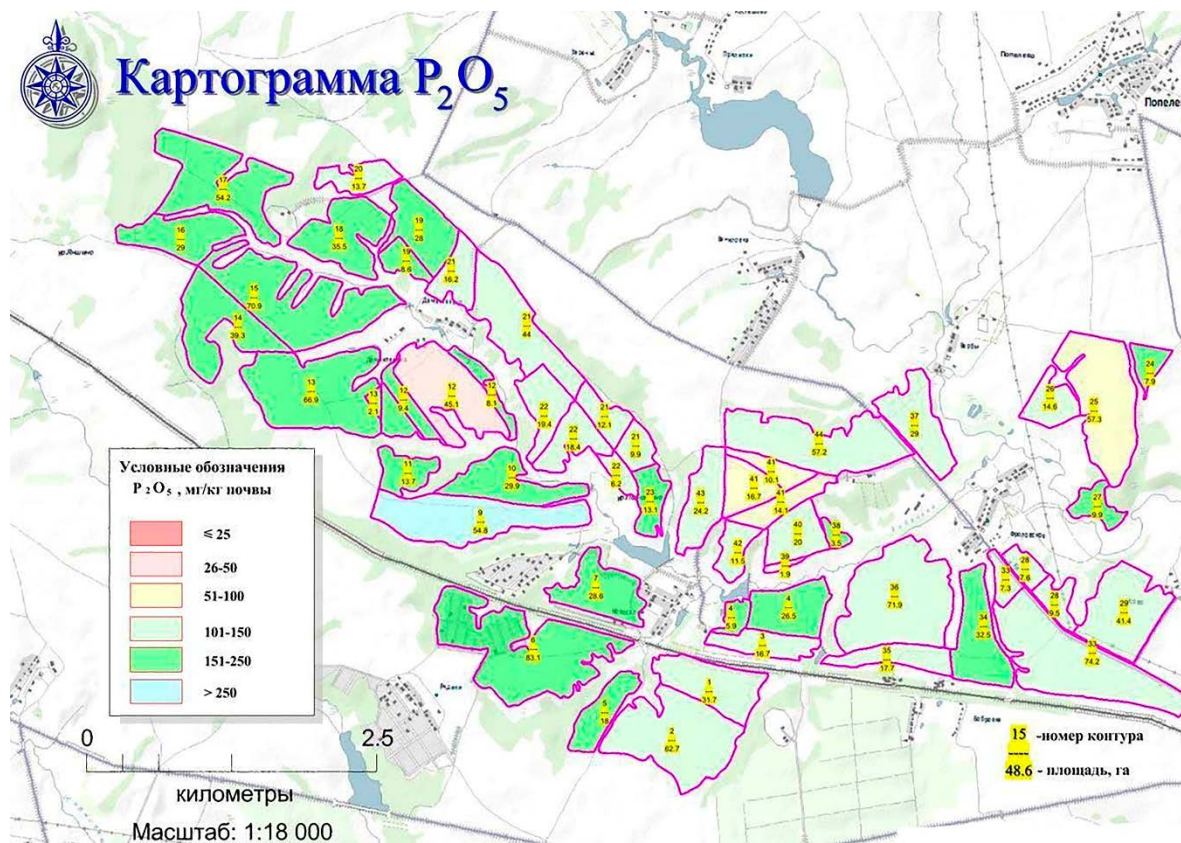


Рисунок П.1 – Картограммы подвижных форм фосфора (P_2O_5)

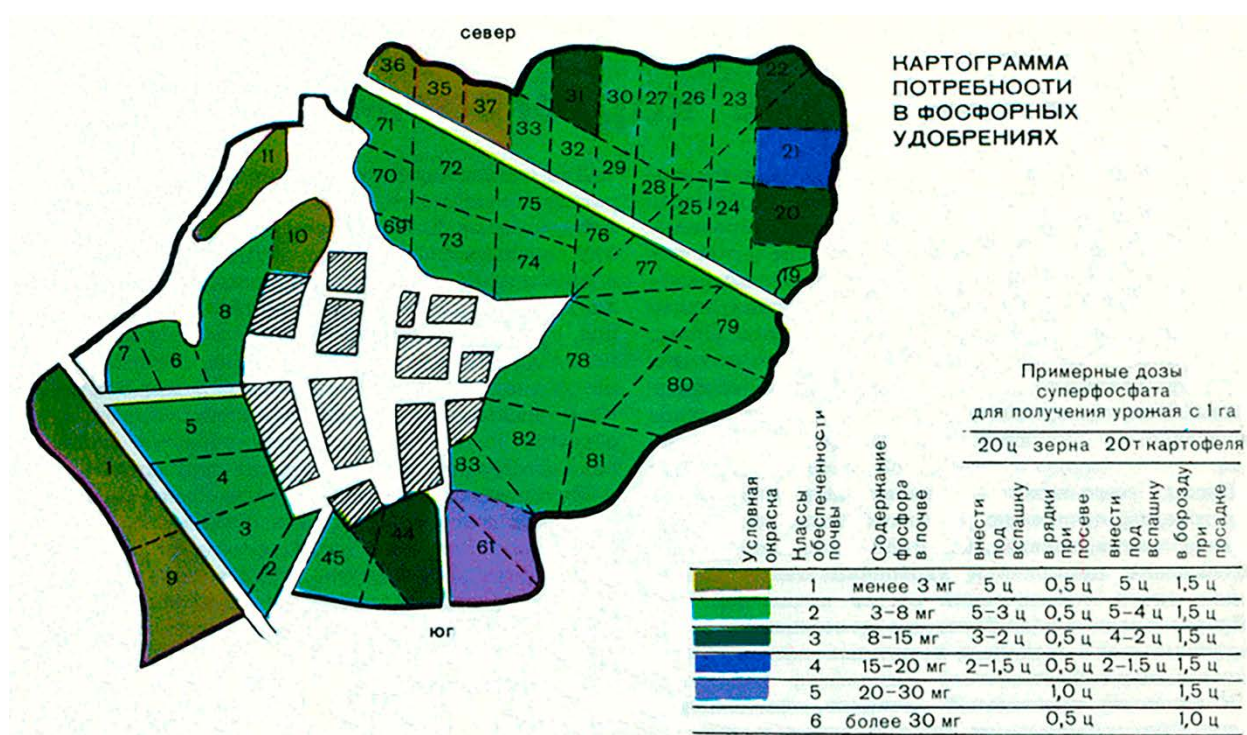


Рисунок П.2 – Картограмма потребности в фосфорных удобрениях

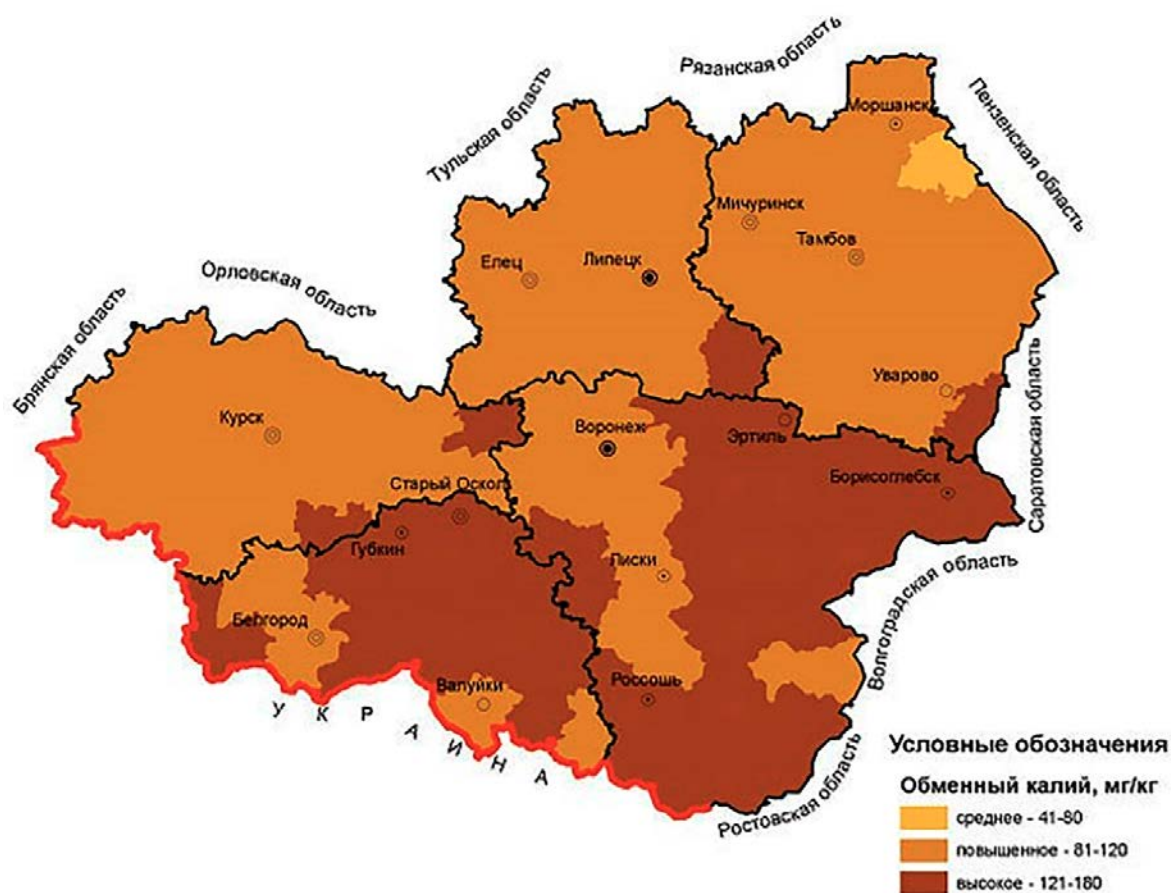


Рисунок П.3 – Картограмма содержания обменного калия

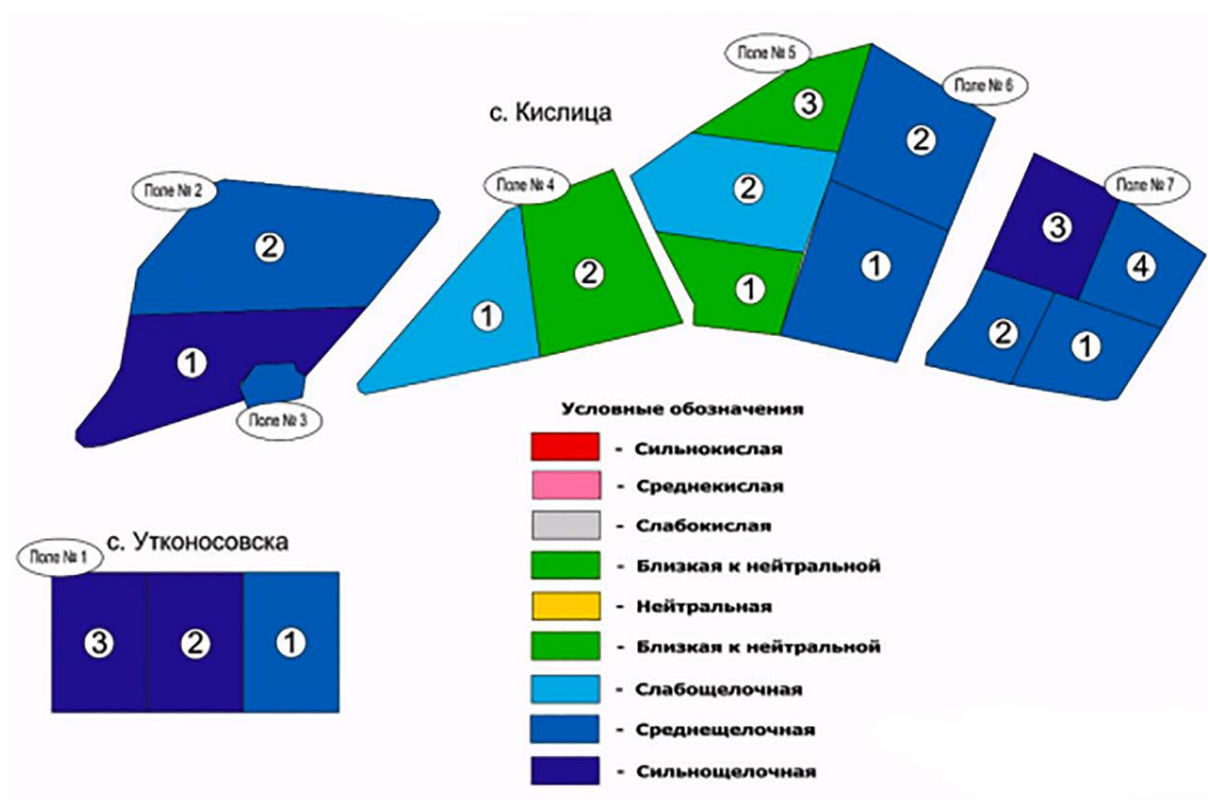


Рисунок П.4 – Картограмма кислотности почв

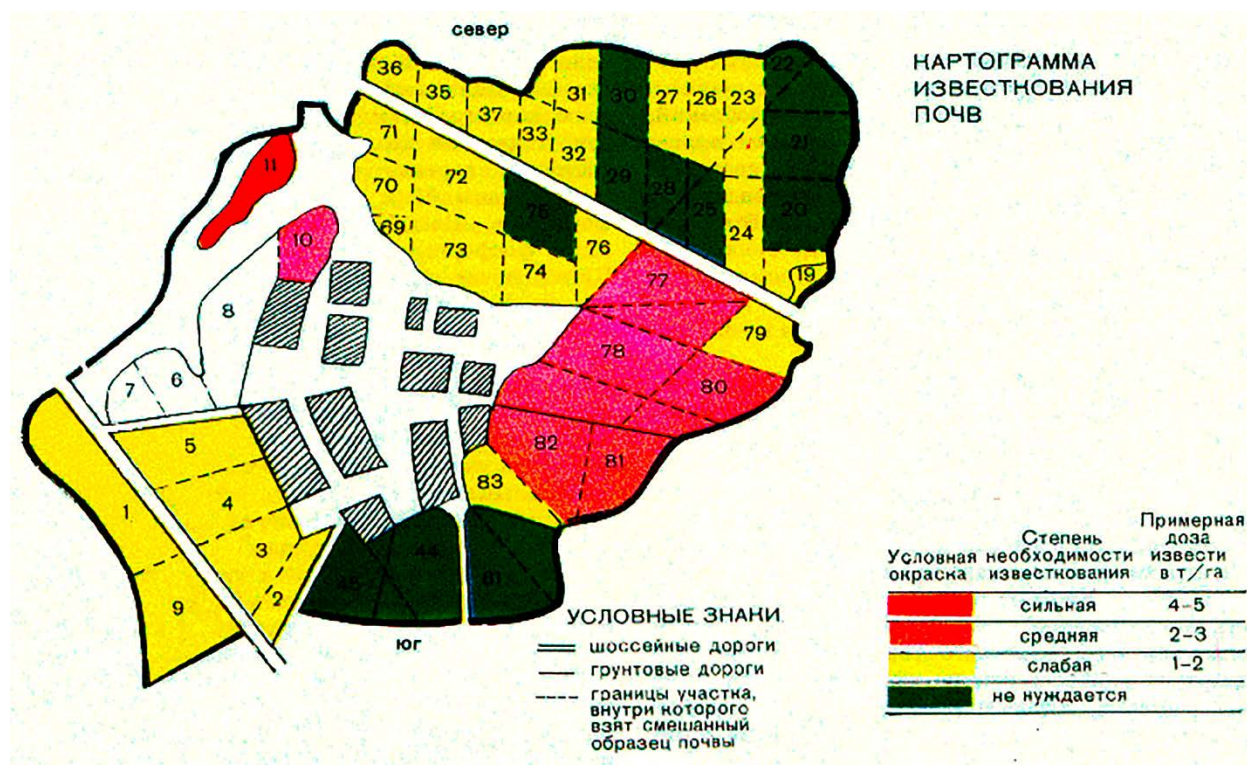


Рисунок П.5 – Картограмма известкования почв

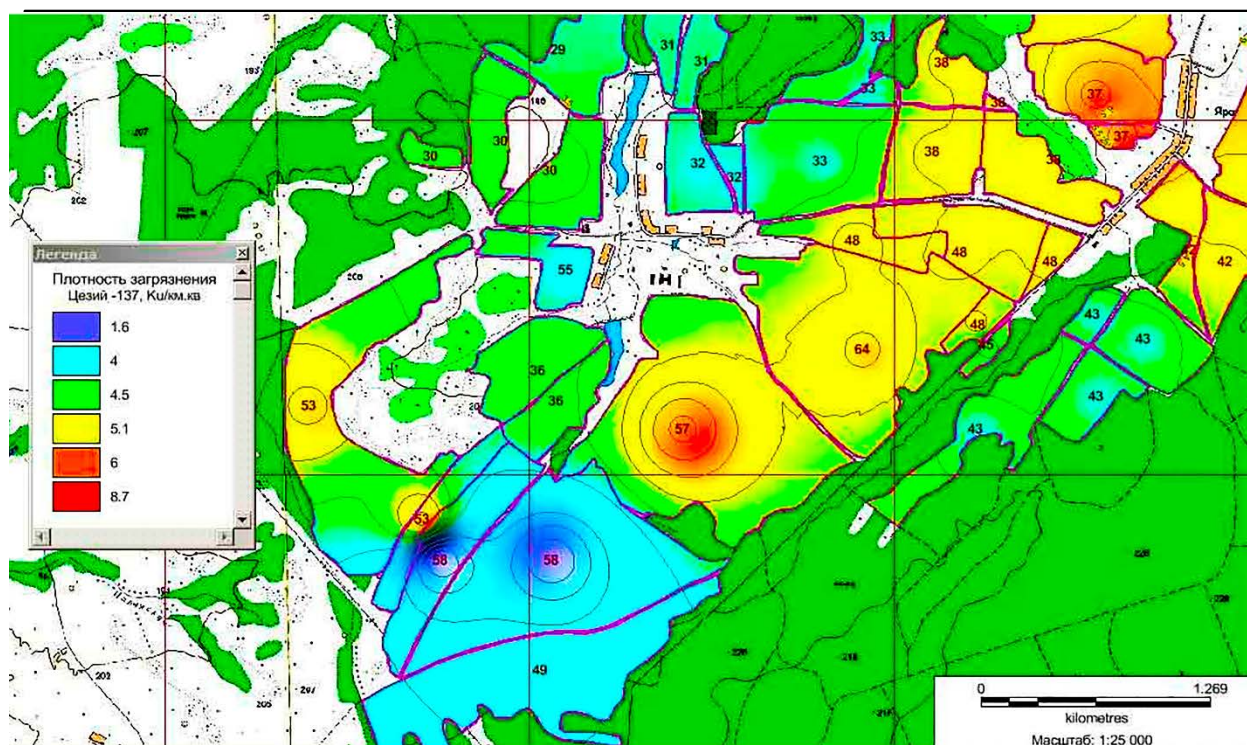


Рисунок П.6 – Картограмма оформления результатов радиологического обследования

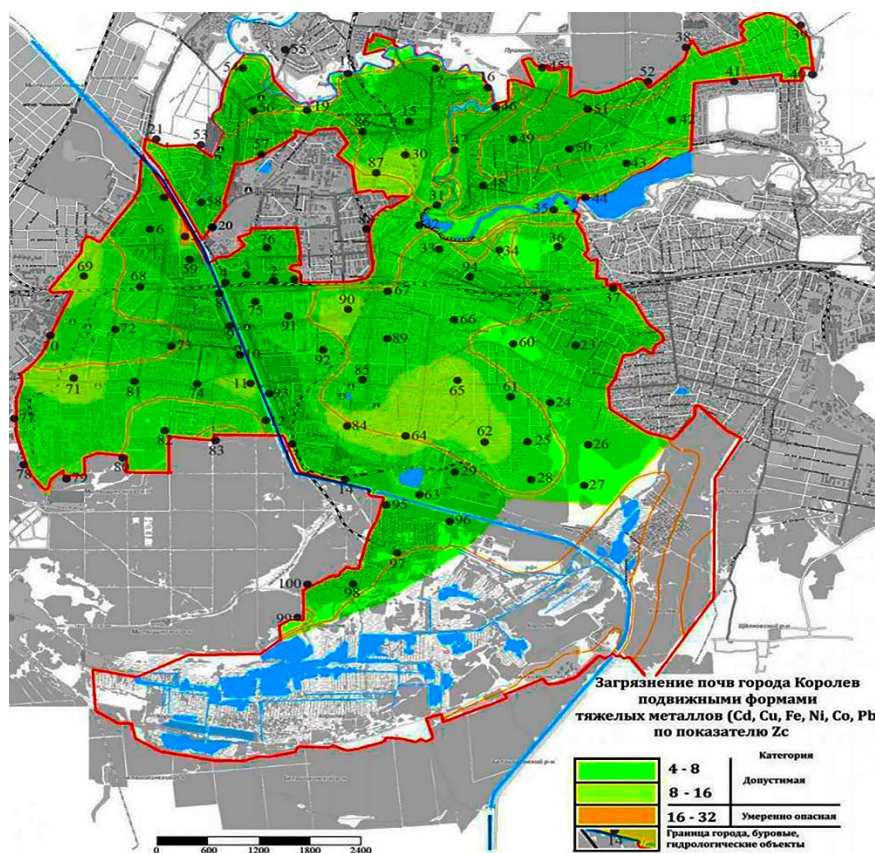


Рисунок П.7 – Картограмма загрязнения почв подвижными формами тяжёлых металлов

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К ЗАНЯТИЮ 5 РАЗДЕЛА 3 ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ КАРТОГРАММ

Индивидуальное задание № 1

Таблица К.1 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	4,5	35,4	84,0
2	4,6	28,6	76,0
3	5,2	20,5	215,0
4	5,3	24,3	224,0
5	4,6	18,2	208,0
6	6,0	16,2	142,0
7	3,8	35,1	164,0
8	3,4	45,6	154,0
9	3,8	60,2	123,0
10	5,0	34,5	98,0

Индивидуальное задание № 2

Таблица К.2 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	5,6	13,8	100,0
2	5,4	13,5	100,0
3	5,5	13,0	60,0
4	5,6	25,0	60,0
5	5,3	25,0	70,0
6	5,1	50,0	55,0
7	5,8	40,0	50,0
8	5,2	48,0	70,0
9	5,1	38,0	100,0
10	5,3	13,0	125,0

Индивидуальное задание № 3

Таблица К.3 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	5,6	48,0	181,0
2	6,0	17,0	170,0
3	5,5	54,0	174,0
4	5,8	39,0	101,0
5	5,2	16,0	132,0
6	5,0	15,0	81,0
7	5,1	18,0	84,0
8	5,2	45,0	175,0
9	5,4	49,0	100,0
10	5,6	53,0	142,0

Индивидуальное задание № 4

Таблица К.4 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	3,1	16,4	164,0
2	4,8	16,8	173,0
3	4,5	15,4	184,0
4	4,6	46,2	204,0
5	5,9	49,2	94,0
6	5,3	48,2	98,0
7	5,2	60,1	84,0
8	5,1	58,6	223,0
9	4,2	55,3	248,0
10	5,6	21,4	260,0

Индивидуальное задание № 5

Таблица К.5 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	5,5	46,0	180,0
2	6,0	55,0	190,0
3	6,0	54,0	112,0
4	5,8	38,0	73,0
5	4,2	44,0	147,0
6	4,9	14,0	78,0
7	4,8	19,0	171,0
8	5,2	42,0	183,0
9	5,1	39,0	174,0
10	5,5	40,0	159,0

Индивидуальное задание № 6

Таблица К.6 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	4,6	45,0	170,0
2	5,0	35,0	170,0
3	5,0	50,0	100,0
4	5,1	50,0	130,0
5	5,7	38,0	75,0
6	3,8	13,0	99,0
7	4,0	9,0	150,0
8	5,3	34,0	170,0
9	5,1	40,0	100,0
10	3,9	53,0	120,0

Индивидуальное задание № 7

Таблица К.7 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	5,0	18,4	103,0
2	5,1	16,2	64,0
3	4,6	9,4	80,0
4	4,2	8,2	131,0
5	3,8	12,1	142,0
6	5,5	14,3	243,0
7	5,4	18,5	134,0
8	4,0	22,3	172,0
9	4,3	8,0	236,0
10	5,0	7,9	220,0

Индивидуальное задание № 8

Таблица К.8 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	3,8	50,1	243,0
2	3,9	49,8	254,0
3	4,0	46,3	228,0
4	4,5	20,4	101,0
5	5,2	19,3	94,0
6	5,2	17,0	88,0
7	5,2	16,8	87,0
8	5,1	34,5	201,0
9	5,9	30,6	243,0
10	5,7	28,5	223,0

Индивидуальное задание № 9

Таблица К.9 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	5,6	40,0	82,0
2	5,7	48,0	194,0
3	5,1	52,0	101,0
4	6,1	50,0	138,0
5	4,8	35,0	131,0
6	3,2	38,0	85,0
7	4,7	30,0	86,0
8	4,4	38,0	154,0
9	5,1	18,0	194,0
10	5,1	45,0	165,0

Индивидуальное задание № 10

Таблица К.10 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	5,0	30,0	184,0
2	5,1	64,0	162,0
3	4,6	40,0	94,0
4	4,2	13,1	82,0
5	3,8	14,7	121,0
6	5,5	24,3	143,0
7	5,4	13,4	185,0
8	4,0	17,2	80,0
9	4,3	23,6	79,0
10	5,5	28,0	223,0

Индивидуальное задание № 11

Таблица К.11 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	5,0	30,0	184,0
2	5,1	64,0	162,0
3	4,6	8,0	94,0
4	4,2	13,1	82,0
5	3,8	14,2	121,0
6	5,5	24,3	143,0
7	5,4	13,4	185,0
8	4,0	17,2	223,0
9	4,3	23,6	80,0
10	5,5	28,0	79,0

Индивидуальное задание № 12

Таблица К.12 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	4,6	13,0	61,0
2	4,7	13,0	30,0
3	4,7	28,0	30,0
4	4,9	28,0	50,0
5	4,8	22,0	60,0
6	5,0	40,0	60,0
7	4,8	33,0	70,0
8	5,9	35,0	145,0
9	6,1	43,0	70,0
10	6,2	13,0	70,0

Индивидуальное задание № 13

Таблица К.13 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	3,6	24,0	92,0
2	3,0	35,0	104,0
3	3,5	25,0	174,0
4	3,8	21,0	152,0
5	3,2	8,0	143,0
6	3,0	10,2	94,0
7	3,1	9,3	104,0
8	3,2	22,5	125,0
9	3,4	30,1	100,0
10	4,6	28,0	95,0

Индивидуальное задание № 14

Таблица К.14 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	4,6	19,0	80,0
2	4,4	21,0	94,0
3	4,5	15,0	70,0
4	4,6	25,0	110,0
5	6,3	35,0	80,0
6	3,1	25,0	155,0
7	3,8	22,0	150,0
8	4,2	29,0	94,0
9	6,1	19,0	100,0
10	4,3	12,0	125,0

Индивидуальное задание № 15

Таблица К.15 – Результаты агрохимического обследования

Номер поля	pH _{сол}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	5,5	25,4	104,0
2	3,6	14,3	106,0
3	6,2	30,5	115,0
4	4,3	12,9	124,0
5	5,6	10,0	189,0
6	4,0	32,0	242,0
7	4,8	25,1	169,4
8	3,4	30,0	254,0
9	4,8	22,0	223,0
10	3,0	17,4	88,0

Учебное издание

Фокин Сергей Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук

АГРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Практикум

Подписано в печать 27.12.2021 г.
Формат 60х90/16. Уч.-изд. л – 5,62. Усл. печ. л. – 10,6.
Печать по требованию. Заказ 10.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет»

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии
Дальневосточного государственного
аграрного университета
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

