

УЧЕБНИКИ ДЛЯ ВУЗОВ



ЗАЩИТА

РАСТЕНИЙ

ПРАКТИКУМ
ПО МЕТОДИКЕ
ОПЫТНОГО ДЕЛА
В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

Отредактировал и опубликовал на сайте : PRESSI (HERSON)

УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

В.Ф. ПЕРЕСЫПКИН, С.Н. КОВАЛЕНКО,
В.С. ШЕЛЕСТОВА, М.К. АСАТУР

ПРАКТИКУМ ПО МЕТОДИКЕ ОПЫТНОГО ДЕЛА В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

Допущено Управлением высшего и среднего специального образования Государственного агропромышленного комитета СССР в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений по специальности "Защита растений"



МОСКВА АГРОПРОМИЗДАТ 1989

ББК 44
 П69
 УДК 632.9.001.4 (075.8)

Редактор *Т.В. Островская*

Рецензенты: кандидаты сельскохозяйственных наук *Д.В. Васильева,*
Н.К. Иванцов, В.Д. Семенов

П69 **Практикум по методике опытного дела в защите растений** / В.Ф. Пересьшкин, С.Н. Коваленко, В.С. Шелестова, М.К. Асатур. — М.: Агропромиздат, 1989. — 175 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

ISBN 5-10-000895-4

Изложены основные методы экспериментальных исследований по защите сельскохозяйственных растений от вредителей, болезней и сорняков, вопросы организации и проведения опытов по энтомологии и фитопатологии. Описаны формы научно-исследовательской работы студентов, методики полевого опыта. По каждой теме даны конкретные задания и задачи.

Для студентов по специальности "Защита растений".

П $\frac{3704040000 - 232}{035 (01) - 89}$ 235-89

ББК 44

ISBN 5-10-000895-4

© ВО "Агропромиздат", 1989

В выполнении задач, стоящих перед сельским хозяйством страны, особое место отводится внедрению в производство достижений науки и передового опыта. Одним из важных резервов увеличения производства сельскохозяйственной продукции, повышения ее качества является защита растений от вредителей, болезней и сорняков. Применение новых химических, биологических и других средств защиты растений, внедрение новых сортов и технологий выращивания сельскохозяйственных культур требуют от специалиста не только соответствующей теоретической подготовки, но и знания основных современных методов опытного дела. С учетом этого профессиональная подготовка агронома по защите растений предусматривает: умение специалиста разрабатывать и осуществлять планы по комплексной системе защиты растений; применять соответствующие методы борьбы с вредными организмами; прогнозировать степень вредоносности болезней, вредителей и сорняков; проводить полевые и лабораторные опыты по изучению эффективности применяемых средств защиты растений.

Выполнение всех мероприятий по защите растений от вредных организмов должно включать элементы научных методов хозяйствования. Знание общих принципов и этапов планирования эксперимента применительно к конкретным условиям хозяйства с учетом его почвенно-климатических особенностей и технической энерговооруженности поможет избежать ошибок при получении результатов и обобщении экспериментальных данных.

Для устранения потерь урожаев сельскохозяйственных культур от вредных организмов необходимо комплексное применение различных методов и средств борьбы с болезнями, вредителями и сорняками. Особого внимания требует защита сельскохозяйственных культур, выращиваемых по интенсивным и индустриальным технологиям.

Качественно новый этап развития защиты растений, характеризующий перевод ее на экологическую основу, предопределяет обоснованное, технически грамотное управление фитосанитарным состоянием агроценозов. Стратегия защиты растений в настоящее время и в будущем основывается на высокой агротехнике, максимальном использовании природных сил агроценозов, повышении устойчивости выращиваемых культур к вредным организмам, расширенном применении

биологического метода, рациональном использовании химических средств.

Задача предмета "Методика опытного дела" – научить студентов основным методам проведения эксперимента: освоить общие принципы и этапы планирования и требования, предъявляемые к постановке и проведению опытов; овладеть основами статистической обработки результатов исследований. Все эти теоретические вопросы освещаются в лекционном курсе. Практикум же окажет помощь студентам при изучении дисциплины и выполнении лабораторных работ. Он составлен на основе программы курса "Методика опытного дела". Особое внимание уделено планированию схемы опыта, основным методам размещения вариантов на опытном участке, статистической обработке полученных экспериментальных данных, правильному ведению и оформлению документации и отчетности по результатам исследований. В конце каждого раздела приведены задания, которые выполняются студентом индивидуально.

Практикум может быть также использован для самостоятельной работы студентов при подготовке к занятиям. Для этого в начале каждого задания указываются цель, методические рекомендации по выполнению задания и последовательность вычислительных операций. Для каждого задания разработано несколько вариантов, что обеспечивает возможность индивидуальной работы студента.

В конце каждой темы даны вопросы для самостоятельной проверки знаний.

1. ФОРМЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Подготовка высококвалифицированных специалистов сельского хозяйства немислима без широкого выявления и развития творческих способностей студентов. Поэтому наряду с совершенствованием учебного процесса эффективной формой учебы является участие студентов в научно-исследовательской работе.

Научно-исследовательская работа студентов (НИРС) в сельскохозяйственном вузе – это система, основанная на тесном единстве учебной, научной и идейно-воспитательной работы.

Основными задачами НИРС при подготовке агрономов по защите растений являются:

овладение марксистско-ленинским научным методом понимания, углубленное и творческое усвоение учебного материала и постоянно возрастающего потока научно-технической информации;

освоение методики и техники научных исследований и применение их в практической деятельности;

обучение методам и приемам, необходимым для принятия самостоятельного решения на производстве или в научном учреждении;

содействие успешному решению важнейших научных и научно-технических задач по специальности "Защита растений";

участие в пропаганде и внедрении научных достижений и передового опыта в сельскохозяйственное производство.

Система НИРС является важнейшей базой для подготовки специалистов, способных обеспечить дальнейший прогресс в науке и производстве. Она предусматривает расширение и углубление научных знаний и практических навыков, получаемых студентами в процессе обучения, более глубокое выявление их интересов и наклонностей, развитие способностей к научному анализу и правильной ориентировке в конкретных условиях.

На факультетах защиты растений объекты исследований, проводимых по линии НИРС, должны быть связаны прежде всего с разработкой и применением комплексных систем защиты растений – главного направления научных исследований и производства на современном этапе. Комплексная система защиты предполагает: определение экономических порогов вредоносности (ЭПВ) в конкретных условиях производства, изучение видового состава и биологии естественных врагов сельскохозяйственных вредителей и патогенов растений, вычисление уровня эффективности естественных врагов; определение токсичности пестицидов к вредителям и зоофагам и возможности интеграции химического и биологического методов; выявление основных направлений использования биологически активных веществ; оценку устойчивости сортов и линий сельскохозяйственных растений к вредителям и болезням; определение биологической, хозяйственной и экономической эффективности различных способов и средств защиты растений от вредителей и болезней.

В организации НИРС можно выделить следующие основные направления работы по госбюджетной или хоздоговорной тематике:

1. На кафедре под руководством преподавателей.
2. В научно-исследовательской или отраслевой лаборатории кафедры под руководством преподавателя и научного сотрудника.
3. В лаборатории защиты растений НИИ под руководством научных сотрудников и преподавателей кафедры.
4. Во всех производственных подразделениях системы защиты растений (СТАЗР, пункты диагностики и прогноза, биолaborатории, биофабрики, государственные карантинные инспекции) и хозяйствах под руководством преподавателей кафедры и старших специалистов производства.
5. В учебно-опытном хозяйстве института под руководством преподавателя кафедры.

При этом начальным этапом исследований должны быть лабораторные опыты, а конечным этапом – результаты производственных испытаний, выраженные в показателях хозяйственной и экономической эффективности мероприятий по защите растений.

Учитывая специфику и характер учебного процесса, на факультете защиты растений научно-исследовательская работа студентов может осуществляться в различных формах (схема 1). Наиболее важной из них является научно-исследовательская работа, предусмотренная учебным планом и включаемая в учебный процесс, и работа, выполняемая во внеучебное время.

Методическим обеспечением НИРС служат комплексно-целевые программы, которые учитывают требования квалификационной характеристики специальности, целесообразной структуры деятельности будущих выпускников-специалистов, а также дисциплин учебного плана. Комплексно-целевые программы НИРС осуществляются в два этапа (схема 2) и предусматривают проведение работ в течение всего периода обучения студентов в вузе, начиная с первого года. На первом этапе НИРС участвуют студенты I–II курсов, на втором этапе – студенты старших курсов. Таким образом, используемые формы научно-исследовательской работы студентов основываются на принципе преемственности в учебном процессе на протяжении всего периода обучения.

Схема 1. Основные формы НИРС

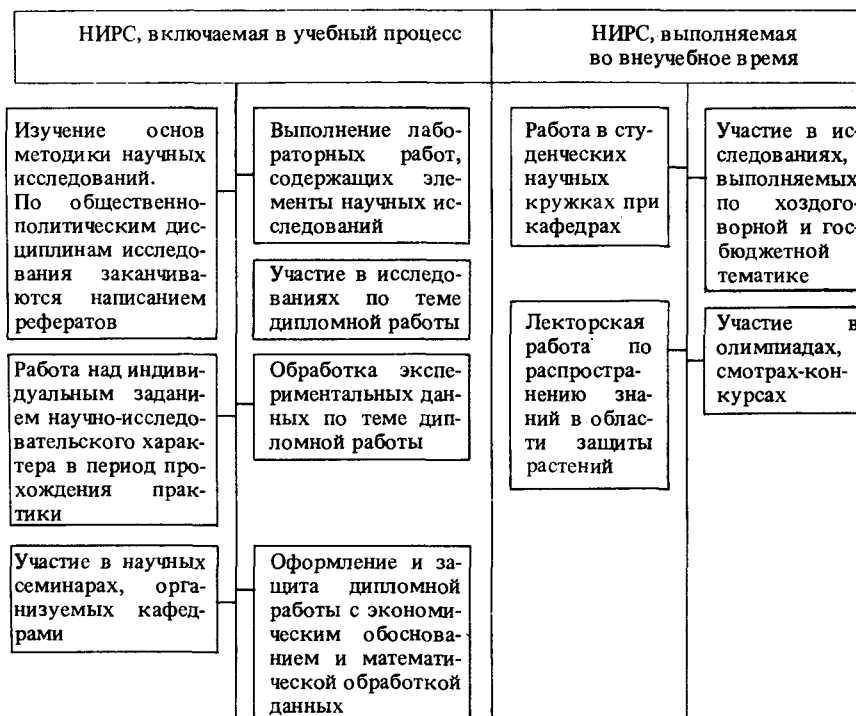
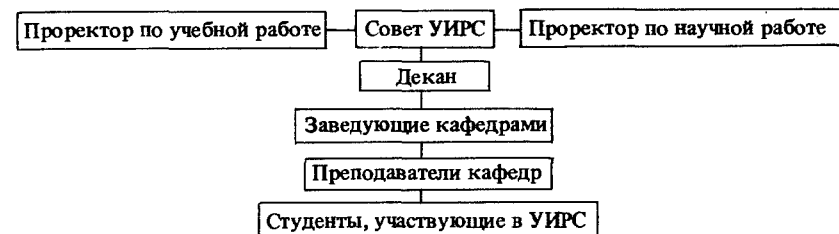


Схема 2. Организация учебно-исследовательской работы студентов (УИРС)



I этап (I–II курсы)		II этап (III–IV курсы)	
в учебное время	во внеучебное время	в учебное время	во внеучебное время
1. Изучение общественных и общетеоретических дисциплин	1. Написание рефератов по общественно-политической тематике и по общеобразовательным дисциплинам	1. Изучение курса "Методика опытно-делового дела"	1. Составление плана на учебно-научных исследований на учебный год
2. Участие в семинарах по общественным дисциплинам	2. Составление библиографии	2. Детальное ознакомление с научной тематикой профилирующих кафедр	2. Написание отчета по выполненной учебно-научной работе за курс
3. Выполнение индивидуальных практических заданий	3. Изготовление макетов, слайдов, таблиц по изучаемым дисциплинам	3. Выполнение научно-исследовательской работы в период производственной практики	3. Участие в олимпиадах по защите растений, биологии
4. Участие в работе научных кружков при кафедрах общественных наук	4. Участие в конкурсах на лучшую работу по общественным наукам	4. Написание курсовых работ с элементами научной работы по профилирующим и общеобразовательным дисциплинам	4. Написание реферата по социально-экономическим дисциплинам
5. Изучение курса "Введение в специальность"	5. Участие в олимпиадах по биологии, химии, зоологии	5. Участие в учебно-исследовательской работе по специальным дисциплинам	5. Участие в вузовских конференциях, выставках, совещаниях по научно-исследовательской работе
6. Знакомство с основами научных исследований	6. Написание докладов и участие в работе вузовской научной конференции	6. Выполнение научных исследований по теме дипломной работы	6. Написание рефератов по научному коммунизму

Продолжение

I этап (I – II курсы)		II этап (III – IV курсы)	
в учебное время	во внеучебное время	в учебное время	во внеучебное время
7. Ознакомление с историей вуза и его научными достижениями	7. Развитие навыков самостоятельной работы и умения работать с книгой	7. Участие в работе научных кружков при профилирующих кафедрах	7. Пропаганда научных достижений и передового опыта в области защиты растений
8. Знакомство с тематикой и организацией научной работы кафедр, лабораторий, опытных станций и их материально-технической базой	8. Участие в школе молодого лектора		8. Участие в школе молодого лектора
9. Выполнение научно-исследовательской работы в период учебной практики			

Представляет интерес организация научно-исследовательской работы студентов в Украинской сельскохозяйственной академии (УСХА). В этом вузе имеется комплексный учебный план организации НИРС на весь период обучения, в котором предусмотрены все формы. Это способствует тому, что почти две третьих студентов УСХА стационарного обучения принимают участие в научно-исследовательской работе.

Основная часть НИРС проводится во внеучебное время. В предусмотренное учебной программой время (4 ч в месяц на III–V курсах) проводятся лишь организационные заседания и методические занятия (монтировка насекомых, изготовление питательных сред, препаратов, фиксация материала и др.), заслушиваются отчеты.

На каждой кафедре факультета руководит НИРС один из ведущих преподавателей, отвечающих за планирование, руководство и проведение работы. Кафедральные организации объединены в факультетскую, которая подчинена Совету НИРС института.

Студенческое научное общество (СНО) является составной организационной частью НИРС, охватывающей исследовательскую работу студентов в кружках общеобразовательных кафедр (ботаники, зоологии, химии, иностранных языков, истории партии, философии, политэкономии). Здесь студенты младших курсов знакомятся с основными направлениями исследований в данной области, выбирают тему, делают доклады на кружках и конференциях. В ряде случаев работа СНО проводится в комплексе с НИРС. Например, совместная работа

на кафедрах органической химии и химической защиты растений, кафедрах ботаники и фитопатологии и т. д.

Ежегодно на общевузовской конференции НИРС заслушиваются и обсуждаются лучшие работы и доклады студентов, отобранные на кафедральных заседаниях научных кружков. Наиболее важные и интересные сообщения поощряются грамотами и ценными подарками. Лучшие работы посылаются на конкурсы студенческих работ, которые организуются городским, областным или республиканским НТО, Государственным комитетом СССР по народному образованию, Всесоюзным советом НИРС.

Данные НИРС, имеющие научную или практическую ценность, используются при написании дипломных работ, а также публикуются в соавторстве с руководителями в сборниках трудов института и других печатных изданиях по защите растений.

Элементы учебно-исследовательской работы студентов (УИРС) широко используются при изучении специальных и неспециальных дисциплин. В курсах общей и сельскохозяйственной фитопатологии и энтомологии, биологической защиты растений изучение всех разделов систематики и частично биологии должно строиться на основе самостоятельной диагностики каждым студентом вредных и полезных видов и расцениваться как УИРС. В курсе химических средств защиты растений изучение свойств препаратов, определение их влияния на физиологи вредителя и растения также должно проводиться на основе индивидуальных анализов, выполняемых каждым студентом. Такой вид студенческой работы тоже относится к УИРС. В курсе "Методика опытного дела" все практические занятия, посвященные изучению и освоению различных методов математического анализа опытных данных и построению научных выводов на основе этих анализов, являются учебной исследовательской работой.

Много приемов исследований студенты осваивают при проведении лабораторных занятий по иммунитету растений к болезням. Они принимают непосредственное участие в изучении и выявлении особенностей развития возбудителя заболевания в пораженных тканях растений, контрастных по устойчивости к патогену, самостоятельно делают микротомные срезы, знакомятся с приготовлением и использованием фиксаторов для гистологических анализов, фиксируют и промывают исследуемый материал, выполняют проводку его через специальные реактивы, парафинируют. Из микротомных срезов монтируют постоянные или временные препараты, окрашивают их специфическими красителями, изучают под микроскопом особенности развития мицелия в тканях растений, характеризующихся различной устойчивостью к возбудителю болезни.

При использовании гистохимического метода студенты с помощью различных красителей обнаруживают в клетках растений ферменты (пероксидазу, аскорбиноксидазу и др.). Студенты самостоятельно

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ПРИНЦИПЫ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПЛАНИРОВАНИЮ ИССЛЕДОВАНИЙ

изучают накопление их в пораженных патогеном клетках растений, затем анализируют полученные гистологические и гистохимические данные и делают выводы о характере проявления у растения защитных реакций в ответ на внедрение и развитие патогена.

При изучении курса сельскохозяйственной фитопатологии в программу входит лабораторный анализ клубней картофеля на пораженность их возбудителями болезней. Студенты индивидуально с помощью определителя и атласа болезней изучают симптомы болезней, степень их развития на клубнях. На основании полученных результатов дают рекомендации по закладке картофеля на хранение, делают вывод о качестве клубней и их пригодности для семенных целей.

НИРС и УИРС проводятся в соответствии с комплексным планом организации научно-исследовательской работы студентов на весь период обучения. Уже на I курсе в дисциплине "Введение в специальность" студентов знакомят с НИР, проводят конкурс на лучший реферат по теме "Моя специальность" и олимпиаду по предмету "Охрана природы", организуют переводы специальных текстов с иностранных языков с обсуждением их в научных кружках.

На всех курсах для студентов запланированы предметные олимпиады или конкурсы, их привлекают к созданию усовершенствованных учебных пособий и лабораторных работ, а также к выступлению с беседами и научными докладами среди учащихся школ, СПТУ, работников производственных предприятий.

Таким образом, научно-исследовательская работа студентов, проводимая в различных видах и формах, направлена на выработку навыков самостоятельных научных исследований, развитие творческого мышления, более глубокое усвоение марксистско-ленинского учения, что способствует повышению качества подготовки агрономов по защите растений.

II. ПЛАНИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Планирование опытов является важной и ответственной частью работы исследователя, обеспечивающей решение поставленной задачи с заданной точностью. Проведение опыта по заранее разработанному плану позволяет:

управлять экспериментом, резко повысить эффективность исследований;

максимально сократить затраты времени и ресурсов за счет более четкой организации, высокой точности и оптимального числа опытов; определить форму статистического анализа результатов;

построить стратегию и тактику исследования, основанную на чередовании последовательно четких, логически осмысленных технологических операций.

Цель занятия. Ознакомление с основными этапами планирования опытов. Специфические особенности при выборе темы и объектов исследований по защите растений от вредных организмов. Разработка и выбор рабочей или ряда конкурирующих гипотез по теме исследования.

Методические указания. Под планированием опыта понимают определение целей, задач и объектов (растений, вредных организмов) исследования, разработку схемы эксперимента, выбор оптимальной структуры полевого опыта и участка для его проведения.

Как видно из определения, планирование исследования – это целый ряд последовательных этапов работы. Многолетний опыт проведения исследований в области защиты растений от вредителей, болезней и сорняков позволяет установить наиболее приемлемую структуру планирования опытов, состоящую в основном из двух этапов.

Первый этап планирования включает:

выбор темы;

определение актуальности исследования;

формулировку целей и задач исследования;

выбор объекта эксперимента;

сбор и критический анализ информации о состоянии изученности исследуемого вопроса или проблемы в целом;

построение и выдвигание рабочей гипотезы или ряда конкурирующих гипотез.

Второй этап планирования предусматривает разработку программы исследования. Наиболее важными моментами этого этапа являются следующие:

определение названий разделов и вопросов экспериментальной работы. Место и сроки их проведения;

составление схемы проведения опытов конкретно по каждому разделу или вопросу эксперимента. Особое внимание при этом обращается на построение логической модели изучаемого вопроса или проблемы;

составление календарного плана – перечня выполнения всех видов работ с использованием организационно-хозяйственного, агротехнического, химического, биологического, физико-механического и других методов защиты растений от вредных организмов при подготовке и проведении опытов;

разработка и составление плана фенологических наблюдений за развитием вредителя, возбудителя болезни или растения-хозяина с конкретным указанием сроков и частоты проведения учетов, наблюдений и т. д.

Выбор темы. Успешное проведение опыта во многом зависит от выбора темы и точной формулировки задачи. При выборе темы следует представлять уровень разработанности проблем в области защиты растений, их перспективность и запросы сельского хозяйства, учитывать требования, связанные с интенсификацией сельскохозяйственного производства.

При выборе темы исследования в области защиты растений необходимо руководствоваться такими критериями, как актуальность, новизна исследования (поисковые исследования или развитие ранее выполненных опытов), перспективность, содержание исследований (решение крупной научной проблемы или ее узкого раздела).

Под актуальностью темы понимают ее народнохозяйственное значение. Поэтому при выборе и разработке темы исследования целесообразно предварительно рассчитать затраты на ее выполнение и ожидаемый экономический эффект, который будет получен при внедрении в производство.

Не менее важно еще на этапе планирования определить новизну данного исследования. Основными направлениями исследований в области защиты растений в настоящее время являются изучение численности полезных насекомых, определение экономического порога вредоносности вредителей и болезней, оценка устойчивости сортов к главным болезням, установление экономической эффективности применяемых приемов защиты растений от болезней, вредителей и сорняков. Большое значение придается изучению и уточнению биологических особенностей вредителей и болезней в различных почвенно-климатических зонах СССР, а также разработке и применению комплексной системы защиты культур, возделываемых по интенсивной технологии.

Тема эксперимента должна быть четко сформулирована, отражать сущность исследования и отвечать потребностям производства, так как многие неудачи при проведении опытов вызваны не столько ошибками в технике и методике его постановки, сколько неумением правильно определить задачи исследования и на их основе спланировать и построить стратегию опыта.

Цель и задачи исследования довольно часто формулируются в общей форме, что нередко затрудняет их выполнение в пределах одного опыта. К примеру, такие темы, как "Система защитных мероприятий против вредителей овощных культур", "Разработка химического метода борьбы с болезнями плодовых культур" или "Действие азота на пораженность пшеницы возбудителями ржавчинных заболеваний", вряд ли являются задачами опыта. Их с полным основанием можно использовать в качестве заглавия научных работ, для выполнения которых требуется постановка ряда сложных полевых опытов.

Если формулировка общих целей и задач научно-исследовательской работы представляется необходимой при планировании исследо-

ваний крупных научных учреждений, то при переходе к планированию конкретного опыта исследования следует ограничиться рамками того вопроса, на который желательно получить ответ.

Так, при разработке системы мероприятий борьбы с вредителями овощных культур нужно прежде всего выбрать методы защиты – химический, агротехнический, биологический и др. Следует также изучить, какие вредители и на каких овощных культурах являются в данной конкретной зоне наиболее распространенными и вредоносными. Кроме этого, необходимо знать биологию каждого вредителя; осуществить подбор препаратов и изучить, в какой концентрации каждый из них наиболее эффективен. Наконец, требуется оценить сорта овощных культур по их устойчивости или восприимчивости к вредителям. Выполнение такого объема работ потребует усилий целого коллектива. Поэтому тема эксперимента должна быть конкретной, четко сформулированной и в полной мере отражать сущность исследования.

Выбор объекта эксперимента в энтомологических и фитопатологических исследованиях, а также в опытах с сорной растительностью имеет свои специфические особенности. Прежде всего это связано с распространенностью и вредоносностью вредителей, болезней и сорняков сельскохозяйственных культур. Известно, что вредители и возбудители болезней (грибы, бактерии, вирусы, микоплазмы), а также сорняки имеют свой определенный ареал в пределах каждой зоны или даже целого региона. Так, состав вредной фауны зерновых злаков в каждой природно-климатической зоне характеризуется своими особенностями. Наряду с широко распространенными вредителями (обыкновенная зерновая совка, щелкуны и др.) имеются насекомые, которые обитают только в степных зонах (вредная черепашка, хлебные жуки, хлебная жужелица, стеблевые пилльщики и др.) или в более северных районах с влажным климатом (зеленоглазка).

Аналогичный пример можно привести и по болезням сельскохозяйственных культур. Известно, что картофель относится к числу культур, наиболее восприимчивых к возбудителям болезней. Поражение его патогенами отмечается как в период вегетации, так и при хранении. Имеются различия в распространенности болезней картофеля по почвенно-климатическим зонам: в районах с достаточным количеством осадков в вегетационный период особенно распространены и интенсивно развиваются болезни, вызываемые грибами: фитофтороз, различные виды парши (черная, обыкновенная, порошистая, серебристая, бугорчатая), а также бактериозы (кольцевая гниль, мокрая гниль, черная ножка); в южных и юго-восточных районах страны, характеризующихся высокой температурой и малым количеством осадков, наиболее вредоносными и распространенными являются болезни, вызываемые вирусами (полосчатая мозаика, крапчатая мозаика, морщинистая мозаика, скручивание листьев) и микоплазменными организмами (столбур, кустистость, карликовость, "ведьмины метлы").

Таким образом, правильный выбор объекта эксперимента позволит исследователю выполнить работы в соответствии с запросами сельскохозяйственного производства.

Выбор и формулировка темы исследования, определение цели, задач и объекта эксперимента – трудный период работы, требующий изучения проблемы в целом по литературным источникам.

Изучение литературы. Во избежание дублирования необходимы сбор и критический анализ информации о состоянии изученности исследуемой проблемы, имеющейся в научной литературе. В этот период исследователь "вчерне" прикидывает соотношение известных и неизвестных сведений. При этом составляется план работ с указанием ориентировочных сроков. Планируется решение первоочередных задач. На основании литературных данных у экспериментатора вырабатывается четкое отношение к ранее известным фактам, окончательно формируется отношение к идеям и гипотезам авторов информации.

Процесс ознакомления с литературными источниками по изучаемому вопросу дает возможность разработать рабочую гипотезу или ряд конкурирующих гипотез. Построение гипотез всегда присуще любому научному исследованию и служит отправным пунктом для планирования схемы будущего опыта и разработки программы исследования.

Рабочая гипотеза является одним из главных методологических инструментов организации процесса исследования. Выдвигая рабочую гипотезу, исследователь предполагает возможность ее доказательств. При этом следует иметь в виду, что гипотеза должна удовлетворять следующим требованиям: обладать проверяемостью, определенной предсказательностью и логической непротиворечивостью.

Проверяемость – одно из логических требований, выполнение которого позволяет выдвинуть (но не принять) гипотезу.

Предсказательность гипотезы является побудительным мотивом к постановке и проведению исследования.

Логическая непротиворечивость гипотезы – это значит, что она не должна противоречить накопленным фактам.

Таким образом, рабочая гипотеза – это научное предположение о развитии явлений, на котором основывается объяснение ожидаемых в поставленном опыте результатов. При планировании исследований исходят из предположений о том, какие факторы (информация) играют важную роль и какие не имеют отношения к данному опыту.

ЗАДАНИЕ. Принять и проверить рабочую гипотезу при решении задач, используя приведенные в таблице 1 предварительно полученные данные.

Как правило, практическая проверка гипотез сводится к проверке определенных статистических гипотез. В большинстве случаев задача заключается в проверке гипотезы об отсутствии реального раз-

1. Содержание питательных веществ в здоровых и пораженных частях растений (предварительные данные), %

Вариант	Состояние объекта исследования	\bar{x}	$s_{\bar{x}}$	Число корнеплодов, зерен или листьев
<i>Отличаются ли здоровые и пораженные церкоспорозом корнеплоды сахарной свеклы по содержанию сахара</i>				
1	Здоровые	14,2	0,16	6
	Больные	13,7	0,14	4
4	Здоровые	19,2	0,21	4
	Больные	18,7	0,19	6
7	Здоровые	18,4	1,8	6
	Больные	17,1	1,7	6
10	Здоровые	16,7	0,21	6
	Больные	15,1	0,18	4
13	Здоровые	18,4	0,19	5
	Больные	17,1	0,16	5
16	Здоровые	16,7	0,16	6
	Больные	14,0	0,14	4
19	Здоровые	16,4	0,14	4
	Больные	15,1	0,14	4
22	Здоровые	19,1	0,21	6
	Больные	18,0	0,20	6
25	Здоровые	18,6	0,22	6
	Больные	17,0	0,18	6
<i>Отличается ли по содержанию белка зерно пшеницы, собранное со здоровых и пораженных ржавчиной растений</i>				
2	Здоровые	14,7	0,22	6
	Больные	12,4	0,20	6
5	Здоровые	16,1	0,19	8
	Больные	14,8	0,16	8
8	Здоровые	14,9	0,20	4
	Больные	14,0	0,17	6
11	Здоровые	15,9	0,18	6
	Больные	14,0	0,14	5
14	Здоровые	16,2	0,20	4
	Больные	15,1	0,17	4
17	Здоровые	14,4	0,20	6
	Больные	13,1	0,19	6
20	Здоровые	13,7	0,18	4
	Больные	12,4	0,16	4
23	Здоровые	15,6	0,20	6
	Больные	14,2	0,18	4
<i>Отличаются ли по содержанию пероксидазы здоровые и пораженные фитофторозом листья картофеля</i>				
3	Здоровые	6,5	0,18	4
	Больные	5,6	0,16	6
6	Здоровые	7,4	0,20	6
	Больные	6,8	0,22	4

Продолжение

Вариант	Состояние объекта исследования	\bar{x}	$s_{\bar{x}}$	Число корне- плодов, зерен или листьев
9	Здоровые	6,8	0,20	6
	Больные	5,4	0,18	6
12	Здоровые	7,0	0,22	6
	Больные	5,4	0,19	4
15	Здоровые	6,4	0,21	4
	Больные	5,1	0,18	4
18	Здоровые	6,7	0,19	6
	Больные	5,3	0,17	6
21	Здоровые	6,3	0,16	4
	Больные	5,0	0,14	4
24	Здоровые	7,1	0,20	6
	Больные	5,2	0,18	4

Примечание. Определить доверительные интервалы для генеральной средней при 95 %-ном и 99 %-ном уровнях вероятности, где \bar{x} – выборочная средняя; $s_{\bar{x}}$ – средняя ошибка выборочной средней.

личия между фактическими и теоретически ожидаемыми результатами. Эту гипотезу называют нулевой и обозначают символом H_0 .

Нулевая гипотеза не опровергается исследователем в том случае, если при статистической обработке экспериментальных данных различия между этими данными и теоретическими показателями близки к нулю или находятся в области допустимых значений. В противном случае нулевая гипотеза опровергается.

Принятие нулевой гипотезы означает, что данные наблюдений не противоречат предположению об отсутствии различий между фактическими и теоретическими распределениями. Справедливость нулевой гипотезы проверяется вычислением статистических критериев проверки для определенного уровня значимости. Одним из таких методов является интервальная оценка.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний

1. Что такое планирование эксперимента?
2. Назовите общие положения и этапы планирования исследований.
3. Какие требования предъявляются к плану опыта?
4. Каковы критерии выбора темы исследования?
5. Какие требования предъявляются к выбору темы исследования?
6. Что такое актуальность и новизна исследований?
7. Что составляет объект исследования в энтомологических и фитопатологических опытах?

8. Как определить цель исследования?
9. Как сформулировать задачи исследования?
10. Как построить рабочую гипотезу? Методы ее проверки.
11. Какой метод исследований является всеобщим и почему?
12. Обобщение и абстрагирование как приемы энтомологических и фитопатологических исследований.

Занятие 2

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ И ТЕХНИКИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Основными элементами методики полевого опыта являются: число вариантов и повторностей, площадь и форма делянок, направление их размещения, метод расположения вариантов на земельном участке, система размещения повторений, делянок и вариантов на территории, метод учета урожая, организация опыта во времени.

Цель занятий. Ознакомиться с основными элементами методики полевого опыта. Уяснить влияние числа вариантов, повторностей, площади, формы и ориентации делянок на точность и достоверность опыта при проведении исследований по защите сельскохозяйственных культур от вредных организмов.

Методические указания. Наиболее характерной особенностью экспериментов, проводимых в полевых условиях, является сильная вариация, неоднородность неконтролируемых в опыте внешних факторов роста и развития растений. К приемам, повышающим точность опыта, относятся: **правильный выбор и подготовка участка под опыт, установление числа вариантов, выбор размера и формы делянок, а также числа повторностей вариантов опыта.**

Выбор участка под опыт. Участок, отводимый для полевого опыта, должен обязательно соответствовать двум требованиям:

отвечать принципу типичности по отношению к почвенно-климатическим, агротехническим условиям района, зоны, в которых предполагается использовать результаты опыта;

иметь однородный почвенный покров, необходимый для обеспечения достаточной точности опыта.

Поэтому, чтобы правильно выбрать участок, необходимо тщательно изучить его, провести почвенные исследования, выявить особенности рельефа и микрорельефа, степень засоренности и учесть целый ряд возможных случайных факторов.

Как правило, полевые опыты должны проводиться в условиях современных интенсивных севооборотов или их звеньев. Это позволит ускорить темпы совершенствования существующих и разработки новых технологий защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков.

Число вариантов, площадь, форма и ориентация делянок, их влияние на ошибку опыта. Число вариантов в схеме опыта зависит от темы опыта и определяется исходя из целей и задач эксперимента. Однако при плани-

ровании исследований всегда нужно помнить, что число вариантов оказывает заметное влияние на точность опыта. В частности, установлено, что с увеличением числа вариантов ошибка опыта возрастает (табл. 2).

2. Относительная ошибка опыта в зависимости от числа вариантов при равной площади делянок (Деревицкий, 1962)

Сахарная свекла		Картофель	
число вариантов (l)	относительная ошибка опыта ($s_{\bar{x}}$), %	число вариантов (l)	относительная ошибка опыта ($s_{\bar{x}}$), %
2	4,57	2	8,04
3	5,03	3	8,38
4	5,38	4	8,51
6	5,40	6	8,76
9	5,74	9	8,89
12	6,24	12	9,67
18	6,31	16	10,31
27	6,76	24	10,65
54	7,21	48	14,61
108	7,93	86	16,41

При малом числе вариантов (2–3) нельзя дать полную характеристику изучаемым факторам, тогда как с увеличением числа вариантов возрастает число делянок, а следовательно, и общая площадь опытного участка. В связи с этим при разработке схемы эксперимента необходимо стремиться к тому, чтобы в опыте было от 8 до 12 вариантов, заложенных в четырехкратной повторности.

Введение нескольких повторных делянок для каждого варианта — наиболее действенное средство повышения точности опыта. Повторностью опыта на территории называют число одноименных делянок каждого варианта, повторностью опыта во времени — число лет испытаний новых агротехнических приемов или сортов.

При увеличении повторности (особенно при четырех-шестикратной) заметно снижается ошибка опыта. Дальнейшее увеличение числа повторностей нецелесообразно, так как объем работ при этом возрастает, а уменьшение ошибки опыта очень незначительное. Проведение опытов без повторности допустимо в предварительных, рекогносцировочных и демонстрационных опытах. Повторность опыта определяется изменчивостью плодородия опытного участка и заданной величиной ошибки опыта.

Пестроту почвенных различий устанавливают по данным дробного учета. При отсутствии таких данных используют результаты, полученные ранее. Значение ошибки устанавливает сам экспериментатор.

Из практики известно, что наименьшая существенная разность (НСР) — величина, указывающая границу предельным случайным отклонениям, примерно равна утроенной ошибке среднего: $НСР_{05} \approx 3s_{\bar{x}}$.

Это значит, что ошибка должна быть втрое меньше предполагаемых в вариантах минимальных эффектов. Если, например, при испытании нового препарата для защиты картофеля от колорадского жука прибавка урожая в сравнении с контролем составила 9 ц/га, то необходимо спланировать опыт с ошибкой 3 ц/га ($9 : 3 = 3$), а при увеличении на 15 ц/га — с $s_{\bar{x}} = 5$ ($15 : 3$); при прибавке урожая, равной 2 ц/га, ошибка опыта составит $2 : 3 = 0,7$ ц/га. Если ошибка опыта будет выше 0,7 ц/га, то принято считать, что данная прибавка урожая находится в пределах ошибки, то есть новый препарат не оказал влияния на величину урожая и его не следует рекомендовать в производство.

В методике исследований по защите растений желательно стремиться к тому, чтобы относительная ошибка опыта ($s_{\bar{x}}\%$) была небольшой. В случаях, когда ошибка довольно большая, необходимо выяснить причину и учесть это при последующем планировании и постановке энтомологических и фитопатологических исследований, а также в опытах по борьбе с сорной растительностью.

Часто при методически правильном выполнении исследований из полученных экспериментальных данных нельзя сделать определенных выводов ввиду того, что ошибка опыта превышает желаемый количественный уровень. Поэтому при планировании исследований требуемую ошибку опыта определяют заранее, еще до закладки и проведения опыта, привлекая данные дробного учета урожая рекогносцировочных или уравнительных посевов. Для этого в качестве критерия изменчивости урожая используют среднее квадратическое (стандартное) отклонение, которое вычисляют по формуле

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}},$$

где s — среднее квадратическое (стандартное) отклонение; Σ — знак суммирования; x — урожай с делянки; \bar{x} — средний урожай в опыте; n — число наблюдений.

Отношение среднего квадратического отклонения к среднему урожаю (%) называется коэффициентом вариации и обозначается V :

$$V = \frac{s \cdot 100}{\bar{x}}.$$

Определив коэффициент вариации и требуемую ошибку опыта, можно вычислить заранее необходимое число повторностей, используя формулу

$$n = \left(\frac{V}{s_{\bar{x}}}\right)^2,$$

где n — число повторностей для требуемой ошибки опыта; $s_{\bar{x}}$ — требуемая ошибка; V — коэффициент вариации, рассчитанный по данным дробного учета урожая.

Следует отметить, что число повторностей прямо пропорционально коэффициенту вариации и находится в обратной зависимости от ошибки опыта. Этот факт следует учитывать при постановке исследований.

При оптимально выбранном числе повторностей путем математической обработки результатов эксперимента можно количественно определить ошибки опыта и установить существенность различий в урожаях сравниваемых между собой вариантов при определенном уровне значимости (5 или 1 %).

Размер и форма опытной делянки для различных видов полевого опыта в каждом конкретном случае будут меняться в зависимости от назначения и задачи опыта, культуры, степени и характера пестроты почвенного покрова, агротехники. Целесообразно проектировать делянки, допускающие проведение всех полевых работ с максимальным использованием механизации, включая и уборку урожая. Доказано, что ошибка опыта снижается по мере увеличения размера делянки примерно до 100 м², дальнейшее ее увеличение незначительно повышает или даже снижает ошибку опыта, так как при этом возрастает общая площадь опыта и он выходит за пределы выбранного для него однородного земельного участка.

В практике опытного дела наиболее широко используются делянки размером от 50 до 200 м², а на первоначальных этапах исследований — от 10 до 50 м²; делянки площадью менее 10 м² обычно применяют в опытах по селекции растений в целях экономии посевного материала. Возможны некоторые отклонения в ту или иную сторону от указанных размеров делянок, что определяется задачами исследований, а также условиями и удобством проведения опытов.

Форму и направление опытных делянок выбирают путем детального изучения плана дробного учета урожая. Если такие данные отсутствуют, то исходят из того, что вытянутая форма делянки гарантирует меньшую ошибку опыта, так как полнее охватывает пестроту участка. Особенно это следует учитывать на участках, где изменение плодородия явно выражено в каком-то определенном направлении. Например, на склонах делянки должны быть вытянуты вдоль его направления, чтобы полосы различного плодородия проходили поперек всех делянок и в равной мере влияли на урожай выращиваемых сельскохозяйственных культур.

В энтомологических и фитопатологических исследованиях предпочитают квадратную форму делянок, что способствует равномерному распространению вредителя или возбудителя болезни.

Достоверность опыта во многом зависит от ориентации делянок на опытном участке. Длинные стороны их нужно располагать в том направлении, в каком сильнее всего изменяется плодородие почвы, то есть поставить все варианты в одинаковые условия. При любой другой ориентации ошибка опыта повышается, так как делянки в разной степени будут охватывать изменчивость плодородия земельного участка. При

наличии полезащитных лесополос делянки располагают длинной стороной перпендикулярно к ним.

При закладке опытов на выровненных по плодородию участках ориентация делянок не оказывает влияния на ошибку опыта и определяется техническими условиями проведения эксперимента.

ЗАДАНИЕ. Решить задачу согласно предложенному варианту.

Вариант 1. В целях борьбы с колорадским жуком на посевах двух сортов картофеля заложить опыт для проверки эффективности различных инсектицидов — хлорофоса (0,5; 1; 2 и 2,5 %-ный), фозалона (1–2 %-ный) и фталофоса (1, 2, 3 и 4 %-ный).

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 4$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 2$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вариант 2. На фоне различных фосфорно-калийных удобрений изучить влияние форм азотных удобрений на устойчивость трех сортов озимой пшеницы к возбудителю бурой листовой ржавчины, используя три различные комбинации с азотом, две — с фосфором и четыре — с калием.

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 5$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 2$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вариант 3. На трех сортах озимой пшеницы провести опыт с применением трех градаций хлорофоса в борьбе с личинками клопа-черепашки.

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 1,8$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 0,9$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вариант 4. Изучить эффективность протравителей — витавакса (4 градации) в борьбе с пыльной головней пшеницы и фундазола (2 градации) в борьбе с твердой головней пшеницы. Опыт провести с пятью сортами озимой пшеницы и ориентацией делянок с учетом закономерного варьирования плодородия почвы с востока на запад.

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 2,9$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 1,4$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вариант 5. Для борьбы с сорняками в посевах пшеницы планируется испытать гербициды 2,4-Д (бутиловый эфир) и 2М-4Х (по 3 градации каждый). Опыт ставится с двумя сортами картофеля.

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 2,1$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 0,8$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вариант 6. Проверить эффективность гербицида базаграна (2 градации) в борьбе с сорной растительностью в посевах ячменя (2 сорта).

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 4,9$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 1,7$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вариант 7. Дать оценку эффективности инсектицидов в борьбе с калифорнийской щитовкой — ДНОК (2 градации) и трихлороль-5 (3 градации). Для опыта использовать сорт яблони Кальвиль снежный.

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 4,9$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 1,9$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вариант 8. Установить действие известкования почвы и различных доз минеральных удобрений (3 градации) на пораженность клубней картофеля (сорт Свитанок) обыкновенной паршой.

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 12$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 6$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вариант 9. Оценить действие известкования (3 градации) и нитрафена (0,5%-ный раствор) на пораженность картофеля (сорт Лорх) возбудителем рака.

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 6$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 3$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вариант 10. Изучить действие орошения (3 градации) и фосфорно-калийных удобрений (2 градации) на пораженность кукурузы пузырчатой головней.

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 4$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 1,8$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вариант 11. Изучить эффективность в борьбе с серым свекловичным долгоносиком малообъемного опрыскивания посевов сахарной свеклы (2 сорта) инсектицидами: фталофос (4,5 и 5,0 л), дилор (1,5 и 2,0 кг/га).

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 7$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 3,2$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вариант 12. Изучить влияние орошения (3 градации) и различных доз минеральных удобрений (4 градации) на устойчивость сахарной свеклы к церкоспорозу.

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 3,8$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 1,6$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вариант 13. Оценить эффективность гамма-изомера ГХЦГ, 16% ммэ (3 градации) в борьбе с обыкновенным и серым свекловичным долгоносиком на посевах сахарной свеклы (2 сорта).

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 7,5$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 2,8$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вариант 14. Изучить эффективность актеллика в борьбе с пилильщиком смородины (3 градации) и вишневой мухой (2 градации). Для опыта рекомендуется взять по 2 сорта смородины и вишни.

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 17,4$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 6,4$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вариант 15. Дать оценку эффективности нитрафена (3 градации) и вофатокса (2 градации) в борьбе с зимующими стадиями щитовок. Для опыта взять 2 сорта яблони.

Требуется определить:

- 1) число вариантов;
- 2) число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что $s = 14,6$ ц/га, $s_{\bar{x}} = 7,1$ ц/га;
- 3) общее число делянок.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний

1. Назовите основные элементы методики полевого опыта.
2. Что такое вариант? Повторность?
3. В чем различия между повторностью и повторением?
4. Как влияют число вариантов и количество повторностей на ошибку опыта?
5. Какие данные необходимо учитывать при выборе земельного участка под опыт?
6. Для чего проводятся почвенные исследования земельного участка?
7. По каким показателям изучают окультуренность опытного участка?
8. Что такое типичность опыта?
9. Что следует брать за контроль?
10. Контроль и стандарт: их различия.
11. Что такое делянка и повторность?
12. Расчет повторности опыта.
13. Почему в опытах необходимо вводить дополнительные контроли и варианты?
14. Сколько растений должно быть на одной опытной делянке?
15. Какая наиболее приемлемая форма делянки в исследованиях по защите растений?

Занятие 3

ОРИЕНТАЦИЯ ДЕЛЯНОК И МЕТОДЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ВАРИАНТОВ

Цель занятия. Ознакомление с основными методами размещения вариантов на опытном участке. В процессе планирования схемы опыта осмыслить сущность стандартного, систематического и рендомизированного методов, уяснить значение варьирования плодородия почвы опытного участка на выбор метода размещения вариантов.

Освоить особенности специфических методов, используемых в научных экспериментах по эитомологии и фитопатологии.

Методические указания. Ориентация и метод расположения делянок в опыте должны обеспечить наибольший охват каждым вариантом всей пестроты почвенного плодородия опытного участка. Соблюдение этого требования способствует созданию условий наилучшей сравнимости между вариантами и обеспечивает большую типичность, достоверность результатов и наименьшую ошибку опыта.

Выбор метода размещения вариантов в полевом опыте зависит от многих факторов — от числа вариантов в схеме, технических условий постановки и проведения опыта, общей площади участка и особенно от неоднородности его почвенного плодородия.

На изменчивость плодородия почвы оказывают влияние климатические условия, почвенный покров, технология обработки, выращиваемые растения, ранее вносимые органические и минеральные удобрения. Поэтому экспериментатор не всегда имеет возможность выбрать для проведения опыта однородный во всех отношениях земельный участок. Нужно четко представлять всю сложность конкретной обстановки, в которой на практике осуществляются полевые опыты, и хо-

рошо знать основные закономерности территориальной изменчивости плодородия почвы, так как именно они лежат в основе современных методов размещения вариантов на опытном земельном участке.

Следует различать случайное и закономерное варьирование урожайности на делянках. В первом случае вследствие незначительного изменения плодородия почвы урожая, получаемые с делянок, колеблются вокруг некоторого среднего значения. Эти колебания существенно не меняются при переходе от делянки к делянке (рис. 1). Разности между выборочными средними значениями (например, делянки 5–10 и 25–30) статистически незначительны. Другими словами, по данным учета урожая каждой делянки можно вывести средний урожай в целом по земельному участку.

Сущность закономерного варьирования заключается в том, что разности между урожаями групп делянок статистически достоверны. При закономерном варьировании урожай выращиваемых культур при переходе от делянки к делянке характеризуются более высоким или, наоборот, более низким значением (см. рис. 1). Степень выраженности закономерной изменчивости плодородия почвы различна и зависит в основном от рельефа земельного участка, выращиваемой культуры, площади делянок. При этом следует иметь в виду, что действие закономерного варьирования нельзя устранить путем увеличения площади опытной делянки. Поэтому при закономерном варьировании плодородия почвы необходимо использовать особый метод размещения делянок.

В зависимости от конфигурации и микрорельефа опытного участка, а также сложности схемы эксперимента опытные делянки располагают по одной из разработанных в опытном деле методик.

В полевых опытах по защите растений используют два способа размещения повторений на земельном участке: *сплошное* и *разбросанное*. При сплошном размещении все делянки располагаются компактно, на одном участке и имеют общие границы между отдельными повторностями (рис. 2, а). При этом в зависимости от конфигурации участка повторности опыта могут размещаться в один, два или несколько ярусов.

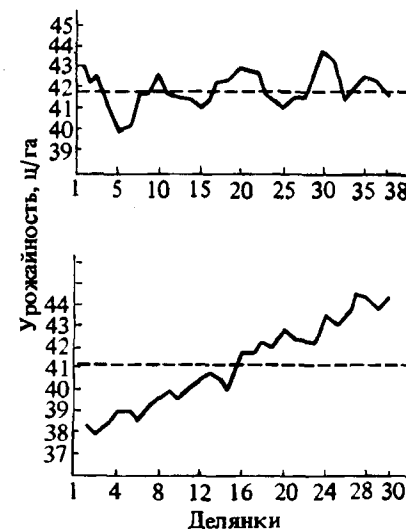


Рис. 1. Случайное (вверху) и закономерное (внизу) варьирование урожайности озимой пшеницы по делянкам дробного учета (пунктиром обозначен средний уровень урожайности).

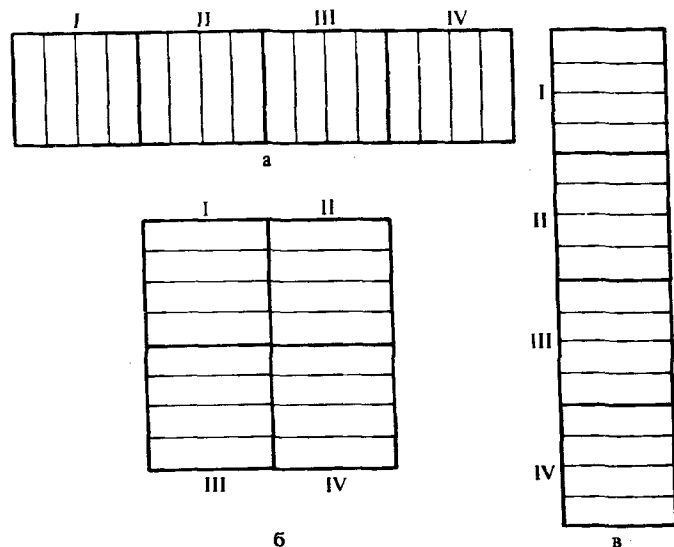


Рис. 2. Сплошное размещение повторений на опытном участке:
а — в один ярус; б и в — соответственно в два и четыре яруса.

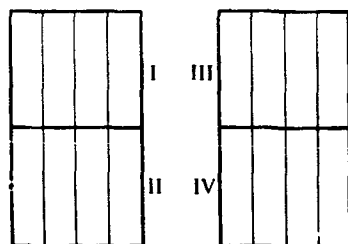


Рис. 3. Разбросанное расположение повторений на опытном участке.

Расположение повторностей в один ярус применяется, как правило, на участках удлиненной формы при небольшом числе вариантов в опыте. Такой способ размещения делянок довольно удобен для выполнения всех работ по технологии выращивания культуры и защиты ее от вредителей, сорняков и болезней. Обязательно используют одноярусное расположение делянок в опытах по изучению эффективности различных доз инсектицидов и фунгицидов. При этом предусматривают возможность оставления широких дорожек по всей длинной стороне опытного участка для разворота машин и орудий, применяемых при закладке и проведении опыта, а также для промывки, заправки и замены пестицидов при выполнении защитных мероприятий.

При сравнительно небольших размерах земельного участка, имеющих форму квадрата, а также при большом числе вариантов в опыте

используют двухъярусное или многоярусное расположение повторений (рис. 2, б и в). При этом в каждом ярусе должно быть целое число повторений.

Разбросанное расположение повторений (рис. 3) используется лишь в тех случаях, когда отсутствует однородный опытный участок достаточного размера для сплошного размещения всех повторностей опыта (к примеру, при разделении земельного участка естественными преградами).

При размещении вариантов опыта по делянкам участка внутри повторения используют три группы методов: *стандартный*, *систематический* и *случайный* (рендомизированный).

Для стандартного метода характерно чередование одного-двух опытных вариантов с контролем или стандартом, то есть каждый изучаемый вариант сравнивают со своим контролем. Этот метод применяют на опытных участках с закономерным варьированием плодородия почвы (рис. 4, а).

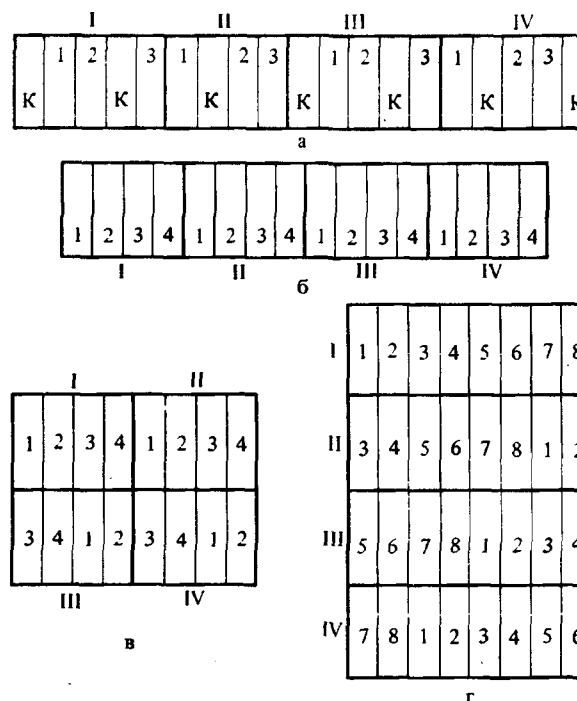


Рис. 4. Способы размещения вариантов опыта на земельном участке:

а — стандартный метод размещения трех вариантов в четырехкратной повторности; б — систематический метод размещения четырех вариантов; в — двухъярусное размещение вариантов систематическим методом; г — многоярусное размещение восьми вариантов.

Практика применения и сравнительной оценки стандартных методов выявила их существенные недостатки: не всегда наблюдается тесная корреляционная зависимость между урожаями, получаемыми с соседних делянок; при большом числе вариантов (свыше 12) очень трудно сравнивать делянки, расположенные далеко друг от друга. Кроме того, при большом числе опытных вариантов стандартные методы очень громоздки и характеризуются нерациональным использованием земельной площади. Применять их целесообразно в селекции на первых ступенях отбора для выявления перспективных линий.

При систематическом методе опытные варианты располагают на делянках внутри повторений в определенной последовательности (рис. 4, б).

Имеется несколько способов размещения вариантов по этому методу.

При однорядном размещении повторений наиболее распространено последовательное расположение вариантов опыта в каждом из повторений. Так, например, если в первом повторении варианты опыта располагались в порядке 1, 2, 3, 4, то такой же порядок должен сохраняться во всех остальных повторениях.

При шахматном размещении порядок следования вариантов в повторениях разных ярусов сдвигается. Чтобы определить число делянок, на которые необходимо сдвинуть размещение вариантов в последующих ярусах, количество вариантов опыта делят на число ярусов. Например, при шести вариантах и трехъярусном расположении повторений делянки во втором ярусе необходимо сдвинуть на 2 номера ($6 : 3 = 2$), а при двухъярусном — на 2 номера в каждом ярусе (рис. 4, в). При многоярусном размещении вариантов на земельном участке нельзя допускать территориального сближения одних и тех же вариантов как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Одноименные варианты необходимо как можно дальше удалять друг от друга. При многоярусном размещении повторений делянки каждого варианта в вертикальных столбцах следует располагать один раз (рис. 4, г).

Систематические методы отличаются простотой, но и они не лишены недостатков — наблюдаются возможные и часто непредвиденные искажения эффектов по вариантам, ненадежность в статистической оценке ошибки опыта. Так, при закономерном варьировании плодородия почвы недостатком систематического расположения вариантов является вероятность накопления систематических ошибок, которые возникают из-за возможности корреляции этого метода размещения с изменением плодородия почвы. В данном случае одна часть вариантов будет находиться внутри повторений на близко расположенных делянках, а другая — на отдаленных друг от друга делянках. Это приводит к недостоверным сравнениям вариантов между собой и с контролем.

Случайное (рэндомизированное) размещение вариантов предусматривает случайное расположение их на делянках каждого повторения (рис. 5). В практике опытного дела наиболее распространенными считают метод случайных блоков (повторений) (рис. 6), метод латинского квадрата (рис. 7, 8) и латинского прямоугольника (рис. 9).

При расположении вариантов по методу латинского квадрата число повторений должно быть обязательно равно числу вариантов (4×4 ; 5×5 ; 6×6). На площади их располагают рядами и столбцами. В каждом ряду и столбце должен быть полный набор всех вариантов (при этом ни один из вариантов не должен повторяться дважды ни в ряду, ни в столбце). Делянки могут быть квадратными или с длиной, несколько большей их ширины. Одним из главных недостатков метода является требование, чтобы число повторений и вариантов было равным.

При числе вариантов больше 8 применяют метод латинского прямоугольника, при котором варианты внутри повторений располагают так, чтобы число их было кратным числу повторений. Так, при трехкратной повторности этим методом можно поставить опыт с 6, 9 и 12 вариантами, при четырехкратной — с 8, 12, 16. Частное от деления дает число полос, на которое нужно разделить каждый вертикальный ряд соответствующего латинского квадрата. Например, для размещения вариантов методом латинского прямоугольника в опыте из восьми вариантов в четырехкратной повторности каждый вертикальный ряд нужно разбить на две полосы. Схема такого опыта обозначается $4 \times 4 \times 2$. Первая цифра схемы обозначает принятые в опыте повторения, произведение двух последних — число изучаемых вариантов, а всех трех цифр $4 \times 4 \times 2 = 32$ — число делянок в опыте.

Следует отметить, что варианты по делянкам необходимо располагать слу-

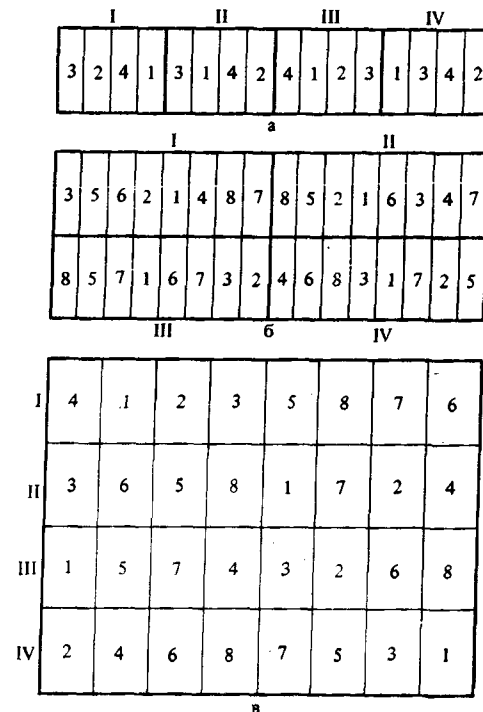


Рис. 5. Схема размещения вариантов опыта методом рэндомизации в один (а), два (б) и четыре (в) яруса.

2	3	4	5	1
5	1	2	3	4
3	4	5	1	2
1	2	3	4	5

а

2	6	4	5	1	3
4	1	2	3	6	5
5	3	6	1	4	2
6	4	5	2	3	1
1	2	3	4	5	6

б

7	6	5	2	4	3	1
5	4	7	3	1	2	6
2	3	1	6	7	4	5
6	7	4	1	3	5	2
3	5	6	7	2	1	4
1	2	3	4	5	6	7

в

3	10	9	1	8	2	6	4	5	7
6	4	7	5	9	10	1	3	2	8
5	7	8	2	4	3	10	9	1	6
8	9	10	6	7	1	2	5	4	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

г

Рис. 6. Размещение вариантов опыта методом рандомизированных (случайных) повторений:

а, б, в и г — число вариантов соответственно 5, 6, 7 и 10.

1	2	3	4	5	6
2	3	4	5	6	1
3	4	5	6	1	2
4	5	6	1	2	3
5	6	1	2	3	4
6	1	2	3	4	5

а

3	5	2	1	4	6
2	6	5	4	1	3
1	4	6	3	2	5
6	2	4	5	3	1
4	1	3	6	5	2
5	3	1	2	6	4

б

Рис. 7. Схема размещения вариантов опыта методом латинского квадрата:

а — систематическое; б — рандомизированное.

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

а

5	4	2	1	3
2	5	4	3	1
3	1	5	2	4
4	3	1	5	2
1	2	3	4	5

б

Рис. 8. Размещение четырех (а) и пяти (б) вариантов опыта методом латинского квадрата.

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

Рис. 9. Схема размещения вариантов на опытном участке методом латинского прямоугольника.

чайно с таким расчетом, чтобы ряды и столбцы имели полный набор всех вариантов. Это устраняет влияние систематического варьирования плодородия почвы в двух перпендикулярных направлениях и путем математической обработки позволяет снизить ошибку эксперимента.

Выбор земельного участка, ориентация и размещение на нем делянок должны проводиться с учетом целого ряда факторов. Необходимо, чтобы опытный участок находился вдали от водоемов (не менее 200 м), жилых домов (50–100 м), животноводческих строений, лесного массива, лесополос (не менее 25–30 м), живых изгородей (10 м). Во избежание повреждений опытных растений участок не следует размещать вблизи проезжей дороги (менее 20 м). Для более равномерного освещения и влияния других факторов на опытные растения делянки следует располагать перпендикулярно к названным объектам.

ЗАДАНИЕ. Решить задачу по размещению вариантов опытов на земельном участке с использованием различных методов.

Вариант 1. Разместить 10 вариантов в четырехкратной повторности стандартным методом.

Вариант 2. Разместить 5 вариантов опыта в 2 ярусах в четырехкратной повторности методом рандомизации.

Вариант 3. Разместить случайным методом варианты опыта с различными пестицидами на склоне с включением 8 вариантов в четырехкратной повторности.

Вариант 4. Разместить методом рандомизации 6 вариантов опыта, если коэффициент варьирования плодородия почвы $V = 6\%$, а $s_{\bar{x}} = 3\%$.

Вариант 5. Разместить 12 вариантов при четырехкратной повторности методом латинского прямоугольника.

Вариант 6. Разместить 6 вариантов в шестикратной повторности, используя метод рандомизации.

Отредактировал и опубликовал на сайте: PRESSI (HERSON)

ПЛАНИРОВАНИЕ, СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ И СТРУКТУРЫ ОПЫТА

Вариант 7. Разместить 12 вариантов опыта систематическим методом, если коэффициент варьирования плодородия почвы $V = 8\%$, а $s_{\bar{x}} = 4,5\%$.

Вариант 8. Выбрать наиболее оптимальный метод размещения 12 вариантов опыта в четырехкратной повторности при случайном варьировании плодородия почвы опытного участка в двух перпендикулярных направлениях.

Вариант 9. Разместить 16 вариантов опыта в четырехкратной повторности, если известно, что плодородие почвы опытного участка подвержено закономерному варьированию.

Вариант 10. Разместить 8 вариантов опыта в четырехкратной повторности методом рандомизации. Делянки ориентировать с учетом того, что вдоль опытного участка с севера на юг расположена лесозащитная полоса.

Вариант 11. Разместить 8 вариантов опыта систематическим методом в 2 яруса. Повторность опыта четырехкратная.

Вариант 12. Разместить 12 вариантов опыта стандартным методом. Повторность четырехкратная.

Вариант 13. Выбрать наиболее оптимальный метод размещения 9 вариантов в трехкратной повторности при закономерном изменении плодородия почвы опытного участка в одном направлении.

Вариант 14. Разместить методом рандомизации 7 вариантов опыта в 4 яруса и в четырехкратной повторности.

Вариант 15. Выбрать наиболее оптимальный метод размещения 12 вариантов в четырехкратной повторности при изменении плодородия почвы в двух перпендикулярных направлениях.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний

1. Назовите основные методы размещения вариантов в опытном земельном участке.
2. В чем сущность стандартного метода размещения вариантов на опытном участке?
3. Расскажите о систематическом и рандомизированном методах размещения вариантов на земельном участке.
4. Что такое случайное варьирование урожайности по делянкам?
5. Что такое закономерное варьирование плодородия почвы?
6. Что понимают под пестротой плодородия почвы?
7. В чем сущность сплошного и разбросанного размещения повторений на опытном участке?
8. Что такое метод случайных блоков?
9. Назовите требования, предъявляемые к расположению вариантов методом латинского квадрата.
10. Перечислите недостатки метода латинского прямоугольника.
11. Что лежит в основе методов размещения вариантов на опытном земельном участке?
12. Что понимают под однорядным размещением повторений?
13. Что такое последовательное расположение вариантов опыта?

Составление схемы опыта является наиболее трудной и ответственной задачей, от которой в значительной степени зависит успех исследования. Возможность применения в производстве результатов проведенного опыта во многом определяется правильностью построения его схемы.

Цель занятия. Изучить основные требования, предъявляемые к составлению схемы опыта. Составить схему однофакторного и многофакторного эксперимента с использованием пестицидов в борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур.

Методические указания. Схема опыта представляет совокупность входящих в него изучаемых и контрольных вариантов, объединенных общей идеей. В каждой схеме обязательно должен присутствовать элемент сравнения, который позволит в результате исследований установить эффективность отдельного варианта. Таким элементом сравнения, как правило, является контроль (стандарт), с которым сравнивают все остальные варианты или часть их. Контроль должен приходиться на сравнительно небольшое число вариантов.

При разработке схемы эксперимента необходимо соблюдать следующие требования: выдержать принцип единственного различия и принцип факториальности; правильно выбрать контрольный вариант (стандарт) и определить сопутствующие, неизучаемые условия эксперимента (фон); правильно установить основной уровень (центр эксперимента) и единицы варьирования изучаемых факторов.

Соблюдение принципа единственного различия — обязательное условие для методически правильной постановки опыта, позволяющее обеспечить сравнимость данных разных вариантов. К примеру, в полевом опыте с концентрациями пестицидов единственным различием по вариантам являются концентрации, все же остальные условия опыта (обработка почвы, предшественники, сроки и норма посева, уход за растениями) в вариантах должны быть одинаковыми.

Методически очень важным при планировании схемы эксперимента является определение контрольного варианта (стандарта), с которым сравнивают опытные варианты.

В энтомологических и фитопатологических опытах выбор контрольного варианта имеет свои специфические особенности.

В опытах с использованием пестицидов для опрыскивания растений в борьбе с вредными организмами и сорняками контрольным служит вариант без применения химических препаратов. Однако для соблюдения одинаковых условий растения контрольного варианта опрыскивают чистой водой, без пестицидов. При изучении новых пестицидов дополнительным контролем служит вариант со стандартным, хорошо изученным и широко применяемым препаратом, а в исследованиях,

связанных с изучением способов и сроков применения химических препаратов, дополнительным контролем является вариант с обычным стандартным способом или общепринятым сроком использования пестицидов.

Еще более сложно спланировать и правильно выбрать контрольные варианты в опытах с изучением нескольких факторов, в частности, при изучении эффективности пестицидов на фоне использования агротехнических приемов в индустриальных и интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. В таких опытах контрольными должны быть варианты без применения пестицидов на всех агротехнических фонах, а также все варианты с химическими препаратами по одному из фонов, принятому за стандарт.

Специфические особенности составления схемы и программ по каждому виду опытов с пестицидами, сортами, вредителями, возбудителями болезней и сорняками неразрывно связаны с методикой расположения вариантов на конкретном земельном участке и статистической обработкой их результатов. Реальная схема опыта является синтезом различных требований и возможностей.

План полного факториального эксперимента (ПФЭ). Разработать и правильно составить схему многофакторного опыта сложнее, чем однофакторного, построенного по принципу единственного различия. В многофакторном эксперименте изучается не только действие, но и взаимодействие нескольких изучаемых факторов, поэтому схема такого опыта должна предусматривать все возможные комбинации вариантов, а также их взаимодействие.

С помощью ПФЭ можно получить сведения о реакции растений и вредных организмов на различные факторы и определить действие доз препаратов (градаций) каждого фактора на эффект других, то есть выявить их взаимодействие. Так, например, используя органические и минеральные удобрения, можно определить роль каждого из них в развитии ржавчинных болезней пшеницы. Кроме того, можно установить влияние органических и минеральных удобрений на патогены этих болезней при одновременном их применении в варианте. В таком случае говорят о взаимодействии удобрений.

Схема полного факториального эксперимента в отличие от однофакторного обладает рядом важных преимуществ. Испытание различных сочетаний факторов, в частности, дает возможность выявить влияние каждого из них в различных условиях, создаваемых изменением других факторов, а также получить более надежные данные для практических рекомендаций, которые могут быть пригодны и при изменяющихся условиях.

Существенный недостаток полных факториальных схем при изучении трех и более факторов в четырех-пяти и более градациях – их многовариантность, затрудняющая практическое осуществление опыта.

При планировании схем опытов следует учитывать, что варианты

могут различаться как качественно (опыты по изучению различных пестицидов, способов обработки почвы, предшественников, разных форм минеральных удобрений), так и количественно (опыты с различными нормами расхода пестицидов, нормами посева семян, дозами удобрений). Поэтому, планируя опыт, необходимо качественные и количественные градации факторов рассматривать с позиции их влияния на изучаемый объект – вредитель, возбудитель болезни или сорняк.

Планирование полных факториальных систем облегчается использованием специальной символики (кодирования) вариантов.

Если в однофакторных полевых экспериментах при составлении схемы опыта важно учитывать, где варианты различаются качественно, а где – количественно, то в схемах многофакторных опытов изучается действие и взаимодействие как количественных, так и качественных показателей. В этом случае при использовании кодирования для количественных показателей нулевая градация означает отсутствие изучаемого фактора (например, без обработки пестицидами); для качественных же показателей нулевая градация означает контрольный вариант (стандартный пестицид или сорт).

Пример. Изучить влияние фунгицида и минеральных удобрений на пораженность озимой пшеницы возбудителем бурой листового ржавчины.

В опыте каждый из двух изучаемых факторов (*A* – фунгицид и *B* – минеральные удобрения) испытывается в двух градациях: цинеб – 0 и 4 кг/га и минеральные удобрения – 0 и $N_{30}P_{45}K_{45}$. Такой опыт обозначают 2×2 . Число вариантов в схеме этого опыта определяется произведением $2 \times 2 = 4$. Схема его будет следующая:

1. Без удобрений и без фунгицида (контроль).
2. Цинеб (4 кг/га).
3. Минеральные удобрения ($N_{30}P_{45}K_{45}$).
4. Цинеб (4 кг/га) + минеральные удобрения ($N_{30}P_{45}K_{45}$).

Если в схему включить третий фактор, например органические удобрения, и тоже в двух градациях (0 и 10 т/га), то получим факториальную схему из восьми вариантов – $2 \times 2 \times 2 = 8$:

1. Без удобрений.
2. Цинеб (4 кг/га).
3. Минеральные удобрения ($N_{30}P_{45}K_{45}$).
4. Органические удобрения (10 т/га).
5. Цинеб (4 кг/га) + органические удобрения (10 т/га).
6. Цинеб (4 кг/га) + минеральные удобрения ($N_{30}P_{45}K_{45}$).
7. Минеральные удобрения ($N_{30}P_{45}K_{45}$) + органические (10 т/га).
8. Цинеб (4 кг/га) + органические (10 т/га) + минеральные ($N_{30}P_{45}K_{45}$) удобрения.

Эта схема полного факториального эксперимента определяет все возможные сочетания фунгицида и удобрений. Она позволяет определить влияние цинеба, органических и минеральных удобрений в отдель-

ности, их парное и тройное взаимодействие на развитие бурой ржавчины пшеницы.

При планировании сложных схем опытов изучаемые факторы при кодировании обозначают заглавными латинскими буквами *A, B, C, D* и т. д. Кодирование позволяет все разнообразие схем многофакторных опытов свести к ряду стандартных таблиц, которые называют матрицей планирования. Число столбцов в таблице соответствует числу факторов, а число строк – числу вариантов (табл. 3). Составление матриц планирования значительно облегчает работу исследователя при непосредственной закладке полевого опыта.

3. План полного факториального эксперимента (по схемам 2×2 и $2 \times 2 \times 2$) в кодированных переменных

Номер варианта	Фактор		Обозначение вариантов (строк)
	<i>A</i>	<i>B</i>	
1	0	0	0
2	1	0	<i>a</i>
3	0	1	<i>b</i>
4	1	1	<i>ab</i>

Номер варианта	Фактор			Обозначение вариантов (строк)
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	
1	0	0	0	0
2	1	0	0	<i>a</i>
3	0	1	0	<i>b</i>
4	0	0	1	<i>c</i>
5	1	1	0	<i>ab</i>
6	1	0	1	<i>ac</i>
7	0	1	1	<i>bc</i>
8	1	1	1	<i>abc</i>

ЗАДАНИЕ. В предложенных вариантах задания (однофакторного и многофакторного опытов) составить схему однофакторного опыта и матрицу планирования многофакторного опыта.

Вариант 1. 1. Составить схему опыта по изучению эффективности карбофоса в двух градациях в борьбе с капустной белянкой.

2. Составить матрицу планирования опыта по изучению влияния различных доз органических (3 градации) и минеральных удобрений на устойчивость озимой пшеницы к корневым гнилям.

Вариант 2. 1. Составить схему опыта по изучению эффективности битоксициллина (в двух градациях) – 2,0 и 3,0 кг/га в смеси с инсектицидными добавками в борьбе с яблонной молью.

2. Составить матрицу планирования опыта по изучению эффективности в борьбе с хлебной жужелицей предпосевной обработки семян ГХЦГ (20 кг/т) и волатоном (75 кг/га) – во время посева.

Вариант 3. 1. Составить схему полевого опыта по изучению эффективности желтой трихограммы в борьбе с грушевой плодожоркой в условиях конкретного хозяйства. При составлении схемы учесть, что выпуск трихограммы проводили трижды – по 150 тыс/га каждый.

2. Составить матрицу планирования для проведения опыта по изучению влияния способов обработки почвы (глубокая вспашка, мелкая плоскорезная, глубокая плоскорезная) и сроков посева озимой пшеницы (5 и 20 сентября) на пораженность корневой гнилью.

Вариант 4. 1. Составить схему опыта по изучению эффективности в борьбе с обыкновенным свекловичным долгоносиком малообъемного опрыскивания базудином и фталофосом – соответственно 2 и 3 градации.

2. Составить матрицу планирования опыта по изучению эффективности фоксима (3 градации) и внесения органических (30 т/га) и минеральных удобрений (2 градации) на численность обыкновенного свекловичного долгоносика.

Вариант 5. 1. Для изучения эффективности протравителей в борьбе с корневой гнилью озимой пшеницы составить схему полевого опыта, используя следующие препараты: гранозан, фундазол, ТМТД.

2. Составить матрицу планирования опыта по изучению влияния на устойчивость хлопчатника к вилту, известкования (3 градации – 0; 1,0 и 1,5 т/га) и различных доз фосфорно-калийных удобрений (0; $P_{45}K_{30}$ и $P_{90}K_{60}$).

Вариант 6. 1. Составить схему опыта по изучению эффективности фунгицидов контактного и системного действия в борьбе с септориозом ржи: цинеб – 3,0 и 4,0 кг/га и фундазол – 0,3 и 0,6 кг/га.

2. Составить матрицу планирования опыта по изучению влияния орошения (2 градации) и различных доз полных минеральных удобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{120}P_{120}K_{120}$) на пораженность хлопчатника вилтом.

Вариант 7. 1. Составить схему полевого опыта для изучения эффективности лепидоцида (3 градации) в борьбе с листогрызущими вредителями яблони.

2. Составить матрицу планирования опыта для изучения эффективности инсектицидов (3 градации) и способов обработки почвы (плужная и бесплужная) на численность хлебной жужелицы.

Вариант 8. 1. Составить схему полевого опыта для изучения эффективности актеллика (3 градации – 0,3; 0,5 и 1,0 л/га) в борьбе с вредителями огурцов.

2. Составить матрицу планирования опыта по изучению эффективности протравителей (байтан универсал – 2 кг/т, фундазол – 2,5 кг/т

и панорам – 2,5 кг/т) и минеральных удобрений в борьбе с пыльной и твердой головней пшеницы.

Вариант 9. 1. Составить схему опыта по изучению эффективности фитосейулюса (при его использовании в соотношении 1 : 50, 1 : 100 и 1 : 200) в борьбе с паутинным клещом в защищенном грунте.

2. Составить матрицу планирования опыта по изучению влияния на эффективность борьбы с белой гнилью подсолнечника нормы высева (2 градации) и минеральных удобрений (3 градации).

Вариант 10. 1. Составить схему опыта по изучению эффективности в борьбе с хлебной жужелицей ГХЦГ (15 и 20 кг/т) и базудина (25 и 50 кг/га).

2. Составить матрицу планирования опыта по изучению эффективности дикофола (2,0; 3,0 и 4,0 л/га) в борьбе с клещами яблони.

Вариант 11. 1. Составить схему опыта по изучению эффективности дурсбана (2,0; 2,5 и 3,0 л/га) в борьбе с яблонной плодожоркой.

2. Составить матрицу планирования опыта по изучению эффективности в борьбе с хлебной жужелицей опудривания семян перед посевом ГХЦГ (20 кг/т) и волатона (75 кг/га), внесенного в почву во время посева.

Вариант 12. 1. Составить схему опыта по изучению эффективности тилта (0,3 и 0,5 л/га), смачивающейся серы (4,0 и 6,0 кг/га) в борьбе с мучнистой росой злаковых.

2. Составить матрицу планирования опыта по изучению влияния на эффективность борьбы с гоммозом хлопчатника протравливания семян бренокотом (5,0; 7,0 и 8,0 кг/га) и глубины заделки семян (3 и 5 см).

Вариант 13. 1. Составить схему опыта по изучению эффективности фозалона (2,0 и 2,4 л/га) и селекрона (2,0; 3,0 и 4,0 л/га) в борьбе с восточной плодожоркой персика.

2. Составить матрицу планирования опыта по изучению эффективности базудина (50 кг/га), вносимого в почву при посадке или с подкормкой в борьбе с луковой мухой.

Вариант 14. 1. Изучить эффективность байлетона (2 градации) в борьбе с мучнистой росой огурцов в защищенном грунте. Составить схему опыта.

2. Составить матрицу планирования опыта по изучению влияния умеренного и обильного полива и фосфорно-калийных удобрений ($P_{45}K_{30}$ и $P_{90}K_{60}$) на пораженность растений кукурузы пузырчатой головней.

Вариант 15. 1. Составить схему опыта по изучению действия каптана (2 градации) в борьбе с фитофторозом томатов.

2. Составить матрицу планирования для постановки опыта по изучению эффективности тигама (3,0 и 4,0 кг/т) при предпосевной обработке семян огурцов и поликарбацина (0,2 и 0,4%) в борьбе с пероноспорозом.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний

1. Что такое схема опыта?
2. Основные требования, предъявляемые к составлению схемы опыта.
3. Что такое принцип единственного различия?
4. Сущность принципа факториальности.
5. Что такое фон опыта?
6. Какие специфические особенности имеет контрольный вариант в энтомологических и фитопатологических исследованиях?
7. Что такое план полного факториального эксперимента?
8. Какие требования необходимо учитывать при составлении схемы многофакторного полевого опыта?
9. Что такое качественные и количественные показатели?
10. Что такое матрица планирования?
11. Что понимают под структурой опыта?
12. Как правильно установить центр эксперимента? Выбрать единицы варьирования изучаемых факторов?

Занятие 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА НАБЛЮДЕНИЙ И УЧЕТОВ В ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ ПО ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ

При планировании эксперимента по защите растений важно правильно определить количество опытов и учетов численности вредителя и развития болезни. Эти показатели необходимы для получения среднего результата высокой степени точности, особенно при изучении новых пестицидов или биологических особенностей вредного организма.

При проведении опытов очень важен выбор точности наблюдений. Так, например, при изучении устойчивости сортов к вредителям и болезням задача заключается в точном обнаружении сортовых различий по данному признаку. Следует также установить уровень случайно вызванных отклонений, количество которых должно быть меньше 5%.

Выбор точности наблюдений имеет большое значение, так как от этого зависит объем исследований. При слишком высокой точности объем возрастает, а при заниженной – нельзя четко провести дифференциацию изучаемых признаков. В случае выбора низкой точности при изучении различных концентраций пестицида трудно выявить их влияние на вредителя или возбудителя болезни, а при изучении устойчивости сортов к вредным организмам невозможно разделить их по этому признаку.

Цель занятий. Ознакомиться с понятиями: генеральная совокупность, выборочная совокупность, объем выборки. Приобрести навыки по анализу структуры и объема выборки при количественной и качественной изменчивости изучаемых признаков.

Методические указания. В методике опытного дела всю группу объектов, подлежащую изучению, принято называть *совокупностью*, или *генеральной совокупностью*. Например, все растения пшеницы, произрастающие на опытной делянке, — генеральная совокупность. Изучая влияние фунгицидов на развитие бурой листовой ржавчины пшеницы, исследователь должен дать глазомерную оценку пораженности патогеном каждого растения, произрастающего на поле, то есть использовать метод сплошного обследования. Физически это сделать невозможно, так как требуются большие затраты труда и времени. В этом случае прибегают к просмотру нескольких растений, отбирая для анализа часть генеральной совокупности. Такая группа (часть) растений, попавшая в исследование, называется *выборочной совокупностью*, или *выборкой*.

Число растений, попавших в выборочную совокупность, называют *объемом выборки*.

Основная задача определения объема выборки состоит в том, чтобы по характеристикам выборочной совокупности получить достоверные сведения и дать общее заключение на генеральную совокупность в целом.

Принято считать, что основным фактором, определяющим объем выборки, является изменчивость изучаемых признаков и свойств. В связи с этим при планировании выборки следует знать характер и величину изменчивости их в исследуемой совокупности. При этом следует учитывать, где мы имеем дело с качественной, а где — с количественной изменчивостью.

Планируя проведение опыта, нужно учитывать, из какой совокупности (неограниченной или ограниченной) будет определяться объем выборки.

Известно, что объем выборки тесно связан с ошибкой опыта, что видно из следующих формул:

$$s_{\bar{x}} = \frac{ts}{\sqrt{n}} \text{ (количественная изменчивость),}$$

$$s_p = \frac{t \sqrt{pq}}{\sqrt{n}} \text{ (качественная изменчивость),}$$

где $s_{\bar{x}}$ — средняя ошибка выборочной средней; s_p — ошибка выборочной доли; s — стандартное отклонение; t — теоретическое значение критерия Стьюдента; p и q — доли признака; n — объем выборки.

Объем выборки из неограниченной совокупности, достаточной для достижения определенной точности средней, находится по формулам:

$$n = \frac{t^2 s^2}{s_{\bar{x}}^2} \text{ (количественная изменчивость),}$$

$$n = \frac{t^2 pq}{s_p^2} \text{ (качественная изменчивость).}$$

Значение t зависит от избранного уровня вероятности: $t = 2$ для 95 %-ного и $t = 3$ для 99 %-ного уровней.

Существует еще несколько способов ускоренного вычисления среднего (стандартного) отклонения (s), при которых используется определенная зависимость между числом наблюдений (n) и размером варьирования урожая (R).

Размах варьирования урожая определяют по предварительной небольшой выборке: $R = x_{\max} - x_{\min}$, где R — размах варьирования; x_{\max} и x_{\min} — соответственно наибольший и наименьший урожай.

Приближенное значение s можно вычислить по формуле $s = KR$, используя коэффициенты Пирсона (приложение 1, табл. 1), или по Снедекору, если разделить величину размаха варьирования на 2, 3, 4, 5, когда число наблюдений равно 5, 10, 25 и 100.

Пример. По данным предварительной выборки ($n = 10$) установлено, что наибольший урожай равен 62,7 ц, а наименьший — 54,2 ц/га. В этом случае размах варьирования (R) будет равен 8,5. С помощью специальной таблицы (см. приложение 1, табл. 1) находим, что для 10 наблюдений $K = 0,325$, откуда среднее квадратическое отклонение равно 2,76 ($0,325 \cdot 8,5$). При вычислении по Снедекору получаем почти такую же величину — 2,8 ($s = 8,5 : 3$).

Следует отметить, что показатель изменчивости качественного признака аналогичен среднеквадратическому отклонению s для количественных признаков. Однако между ними имеется принципиальное различие, заключающееся в том, что среднеквадратическое отклонение рассчитывают на основе отклонения значений количественного признака (длина конидий, масса жуков, урожайность сорта и т. д.) от средней арифметической совокупности. Показатель изменчивости качественных признаков характеризует изменение величин ряда (доля больных растений, форма поврежденных вредителями плодов и т. д.) относительно друг друга.

Рассмотрим один из примеров качественной изменчивости. При распределении из двух градаций (альтернативная изменчивость): доля больных (p) и доля здоровых растений (q) — показатель изменчивости (s) равен \sqrt{pq} . Величина ошибки в этом случае будет одинаковой как для той части членов совокупности, которые имеют данный признак, так и для той, которые его не имеют. Как видно из формулы $s = \sqrt{pq}$, показатель изменчивости p может принимать значение в пределах от 0 до 0,5 для доли, или от 0 до 50%. Наибольшее варьирование качественного признака будет в случае, когда доля или проценты альтернативных градаций равны (или 0,5, или 50%). Получается, что при уменьшении доли одной из градаций s соответственно уменьшается. В случае отсутствия болезни $s = 0$.

Пример. Для изучения устойчивости сортов пшеницы к бурой ржавчине в каждом варианте было посеяно по 800 растений в четырехкратной повторности. Нужно определить пораженность растений этим патогеном с точностью до 6% или доли до 0,06. По данным предварительного учета установлено, что максимальная степень развития болезни на отдельных участках достигает 17%. На основании этого можно рассчитать показатель варьирования:

$$s^2 = p(1 - p) = 0,17(1 - 0,17) = 0,14.$$

В практике опытного дела, если невозможно предварительно определить ожидаемое варьирование, нужно брать максимальное его значение — 0,5, то есть $s = 50\%$. Подставляя значение s в формулу, находим объем выборки.

О точности определения доли пораженных возбудителем болезни растений в изучаемой совокупности судят по ошибке выборочной доли (s_p). Доверительные границы доли при альтернативном варьировании равны $p \pm t s_p$. Величина t (критерий Стьюдента, характеризующий зависимость между средней выборочной и средней генеральной совокупностями), для 95%-ного уровня вероятности равна 2. Таким образом, величина $s_{\bar{x}} = t s_p$ планируемой ошибки показывает точность определения доли. Это значение и следует выбрать при планировании объема выборки. Например, необходимо определить количество конидий, у которых нужно измерить длину с планируемой ошибкой средней ($s_{\bar{x}} = 10,5$ мкм) при 95%-ном уровне вероятности из неограниченной совокупности, если среднее квадратическое отклонение $s = 1,2$. Используя

формулу $n = \frac{t^2 s^2}{s_{\bar{x}}^2}$, находим, что для достижения указанной точности

нужно измерить 23 споры. В случае, когда выборку определяют из ограниченной совокупности небольшой численности, ее объем определяют по формуле

$$n = \frac{t^2 s^2 N}{s_{\bar{x}}^2 (N - 1) + t^2 s^2},$$

где N — объем генеральной совокупности.

Пример. Сколько спор возбудителя вилта хлопчатника следует измерить, чтобы определить их длину с заданной ошибкой $\pm 0,5$ мкм, если всего имеется популяция из 30 конидий. Для этого предварительно измеряют длину пяти спор и устанавливают s по размаху варьирования. При длине спор 11,2; 11,3, 12,4, 14,0 и 13,9 мкм размах варьирования равен 2,8 (14,0–11,2). Для пяти наблюдений коэффициент K равен 0,430 (см. приложение 1, табл. 1). Вычисляем $s = 2,8 \cdot 0,430 = 1,20$. Подставляя вычисленные значения в формулу (для уровня ве-

роятности 95%), находим искомую величину: $n = 13$. Таким образом, объем выборки равен 13.

ЗАДАНИЕ. Определить необходимое количество наблюдений согласно условиям предлагаемого варианта.

Вариант 1. В опыте по изучению устойчивости сортов озимой пшеницы к стеблевой ржавчине на делянках отдельных сортов имеется примерно 800 растений. Необходимо определить процент пораженных растений с точностью до 5% (или до доли 0,05). Предварительным осмотром установлено, что самый большой процент поражения в опыте может достигать 10. Уровень значимости 5%-ный.

Вариант 2. При обследовании поля на выявление почвенных вредителей на 1 м² вариация заселенности проволочниками (s) равна 10%. Определить размер выборки, то есть количество площадок для получения при 5%-ном уровне значимости выборочной средней с ошибкой 4 и 6%.

Вариант 3. Определить размер выборочного наблюдения за пораженностью картофеля фитофторозом, чтобы предельная ошибка доли не превышала 4%. Предварительными учетами установлено, что примерно 14% растений поражено возбудителем фитофтороза. Расчет проводился при 5%-ном и 1%-ном уровнях значимости.

Вариант 4. Определить размер выборки для определения пораженности сахарной свеклы церкоспорозом с точностью до 8%. По данным предварительного фитопатологического анализа, патогеном поражено около 25% растений. Уровень значимости 5%-ный.

Вариант 5. Определить размер выборочного наблюдения для определения пораженности пшеницы клопом-черепашкой, чтобы ошибка не превышала 4%. Предварительными учетами установлено, что примерно 14% растений повреждено вредителем. Расчет проводился при 5%-ном и 1%-ном уровнях значимости.

Вариант 6. В опыте по изучению устойчивости сортов озимой пшеницы к пыльной головне на делянках размещали примерно по 500 растений каждого сорта. Необходимо определить количество пораженных растений с точностью до 5% (или доли до 0,05). Предварительным осмотром установлено, что самая высокая степень поражения в опыте может достигать 20%. Уровень значимости 5%-ный.

Вариант 7. При раскопке поля на выявление свекловичного долгоносика на 1 м² вариация заселенности $s = 16\%$. Определить объем выборки, то есть количество площадок для получения на 5%-ном уровне значимости выборочной средней с ошибкой 5 и 4%.

Вариант 8. Определить объем выборки для вычисления пораженности сахарной свеклы церкоспорозом с ошибкой опыта до 8%. Предварительным фитопатологическим анализом установлено, что около 25% растений поражено патогеном. Уровень значимости 5%-ный.

Вариант 9. Определить объем выборки для выявления пораженности кукурузы бактериозом с точностью до 6%. Предварительно уста-

новлено, что патогеном поражено около 25% початков. Уровень значимости 5%-ный.

Вариант 10. При обследовании поля на выявление почвенных вредителей на 1 м² вариация заселенности проволочниками (*s*) равна 14,3%. Определить объем выборки, то есть количество площадок для получения на 5%-ном уровне значимости выборочной средней с ошибкой 7 и 4%.

Вариант 11. Определить объем выборки для определения заселенности сада зимующими гусеницами яблонной плодожорки. При предварительном осмотре на 50 деревьях обнаружено 29 особей вредителя. Расчеты произвести для 5%-ного и 1%-ного уровней значимости.

Вариант 12. Определить объем выборочной совокупности для выявления пораженности хлопчатника вилтом с ошибкой опыта до 4,5%. Предварительным учетом установлено около 30% больных растений. Уровень значимости 5%-ный.

Вариант 13. В опыте по изучению устойчивости сортов озимой пшеницы к мучнистой росе на делянках разместили до 800 растений отдельных сортов. Необходимо определить процент пораженных растений с точностью до 5% (или до доли 0,05). Предварительным осмотром установлено, что самый большой процент поражения в опыте достигает 20. Уровень значимости 5%-ный.

Вариант 14. При раскопке поля на выявление почвенных вредителей на 1 м² вариация заселенности проволочниками (*s*) составила 12%. Определить объем выборки, то есть количество площадок для получения на 5%-ном уровне значимости выборочной средней с ошибкой 3 и 5%.

Вариант 15. Определить объем выборочного наблюдения за пораженностью картофеля макроспориозом, чтобы предельная ошибка доли не превышала 5%. Предварительными учетами установлено, что примерно 24% растений поражено возбудителем заболевания. Расчеты произвести при 5%-ном и 1%-ном уровнях значимости.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний

1. Что такое генеральная совокупность?
2. Что такое выборочная совокупность?
3. Что такое выборка и объем выборки?
4. Что понимают под количественной и качественной изменчивостью?
5. Что такое альтернативная изменчивость?
6. Как планируют размер выборки в опытах?
7. Каким должен быть объем выборки в полевом опыте?
8. Назовите основные факторы, определяющие объем выборки.
9. Какое значение имеет объем выборки при определении структуры опыта?
10. Что такое критерий существенности и объем выборки для качественной изменчивости?
11. Расскажите об особенностях методики фитопатологических и энтомологических наблюдений в опытах с зерновыми культурами.

12. Какова классификация учетов и наблюдений в полевых опытах по защите растений?
13. Охарактеризуйте наблюдение как прием исследований.
14. Назовите преимущества эксперимента над наблюдением.
15. Какая существует связь между анализом и синтезом как приемами исследования?

Занятие 6

ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ ПРИ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВРЕДИТЕЛЯМ И БОЛЕЗНЯМ

Наиболее надежным, эффективным и экономически выгодным методом защиты растений от вредных организмов является создание и внедрение в производство устойчивых сортов.

Многообразие изучаемых факторов и большое число сортов и растений, участвующих в селекционном процессе на устойчивость к вредителям и болезням, вызывает много трудностей при планировании и постановке опытов.

Цель занятия. Ознакомиться со специфическими особенностями проведения опытов по селекции сельскохозяйственных культур на устойчивость к вредным организмам. Уяснить значение и необходимость заранее запланированной ошибки опыта для сравнения вариантов (сортов). Освоить требования к ошибке и достоверности опыта на разных этапах селекционного процесса.

Методические указания. При планировании селекционных исследований основной целью является выбор такого сочетания элементов полевого опыта, которое бы обеспечивало с заранее заданной ошибкой наиболее экономичное сравнение вариантов (сортов) по признаку устойчивости к вредным организмам. Основные принципы планирования базируются на закономерностях изменения характера варьирования этого признака в зависимости от числа изучаемых сортов (вариантов) и пестроты почвенного плодородия опытного участка. Как правило, эти данные определяют заранее.

Планирование полевого опыта в селекции на устойчивость к вредителям и болезням предусматривает также использование эмпирически установленных зависимостей между изменениями размера делянки или числа повторностей и ошибки опыта. Установлено, что при увеличении или уменьшении площади делянки в *n* раз ошибка опыта на выравненных по плодородию участках повышается или снижается в пределах от $\sqrt[3]{n}$ до $\sqrt[5]{n}$ раз в зависимости от пестроты плодородия почвы. Причем на более однородных по плодородию участках эффект от увеличения площади делянки выше. При увеличении или уменьшении числа повторностей ошибка опыта изменяется соответственно в *n* раз.

На разных этапах селекционного процесса требования к ошибке опыта неодинаковы. На ранних этапах селекции (конкурсный питом-

ник, частично предварительное сортоиспытание) основная задача заключается в отборе из большого количества материала наиболее перспективных форм, характеризующихся повышенной устойчивостью к вредным организмам. На этих этапах достаточная ошибка опыта должна находиться в пределах 5–6%, что обеспечивает достоверную оценку разности урожая между сортами – 10–12%.

В основном (конкурсном) сортоиспытании, в результате которого выявляются наиболее перспективные сорта для дальнейшего испытания в Госсортосети, пяти-шестикратные различия по урожайности между сортами и стандартом считаются вполне существенными, при этом максимально допустимая ошибка опыта не должна превышать 2,5%.

С учетом этих требований при планировании полевого опыта в селекции особенно важно установить наиболее рациональную его структуру и ошибку опыта. Для заданной ошибки опыта сочетание размера делянки и числа повторностей на опытном участке с известным уровнем пестроты плодородия определяют с помощью номограмм. Рассмотрим одну из них (рис. 10). Номограмма состоит из двух частей. Первая часть (шкалы *A* и *B*) позволяет с помощью эмпирического коэффициента вариации, найденного одним из способов учета пестроты почвенного плодородия, определить коэффициент вариации для делянок любого размера. При этом коэффициент вариации (*V*) находят путем статистической обработки данных урожаев в опыте, проведенном в предыдущие годы. При отсутствии сведений об урожае стандарта в предыдущие годы для нахождения коэффициента вариации пользуются данными статистической обработки, проводившейся на этом участке раньше. Зная ошибку опыта ($s_{\bar{x}}$) и число повторностей (*n*), определяют $V = s_{\bar{x}} \sqrt{n}$.

Вторая часть номограммы (шкалы *C*, *D*, *E*) дает возможность определить соотношение элементов полевого опыта для достижения нужной точности наблюдений или найти ожидаемую точность при использовании заранее выбранной структуры опыта. Шкалы номограммы обозначают следующее:

шкала *A* – коэффициенты вариации фиксированных делянок, найденные при аналитическом определении пестроты плодородия данного опытного участка;

шкала *B* – значение величины $\sqrt[4]{n}$, выражающей среднюю зависимость коэффициента вариации данных урожайности от площади делянки. При изменении площади делянки в *n* раз коэффициент вариации изменяется в $\sqrt[4]{n}$ раз. Величины $\sqrt[4]{n}$ находят по специальной таблице (см. приложение 1, табл. 2);

шкала *C* – коэффициенты вариации для делянок желаемого размера;

шкала *D* – с левой стороны нанесены показатели относительной ошибки опыта ($s_{\bar{x}}$), с правой стороны – наименьшая существенная разность (НСР, %) при сравнении вариантов со средним урожаем в опы-

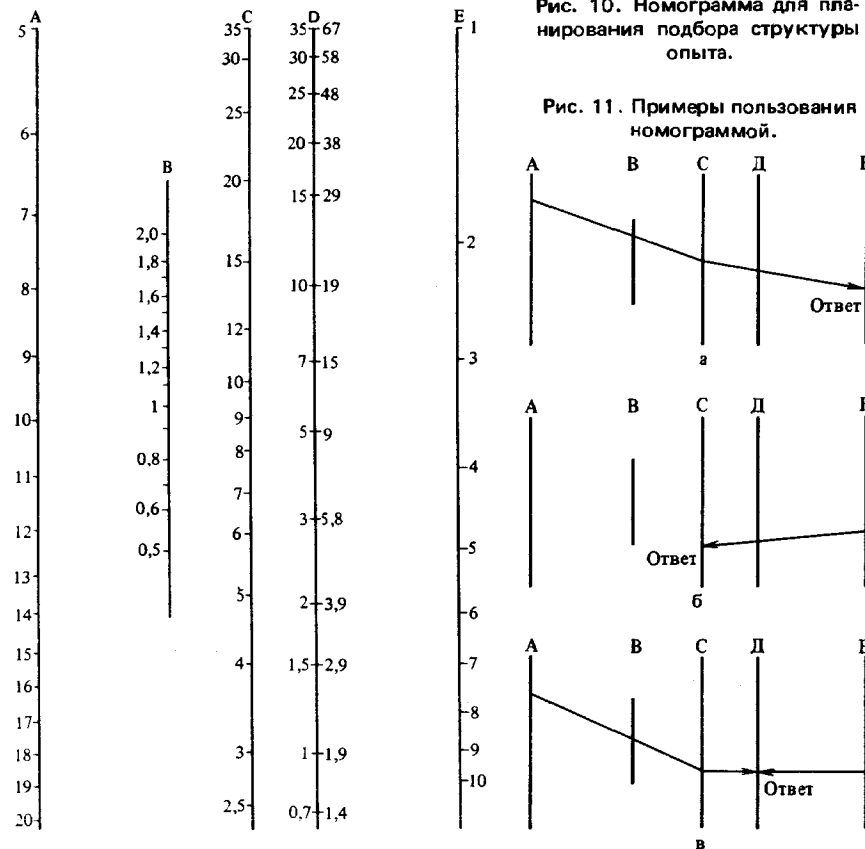
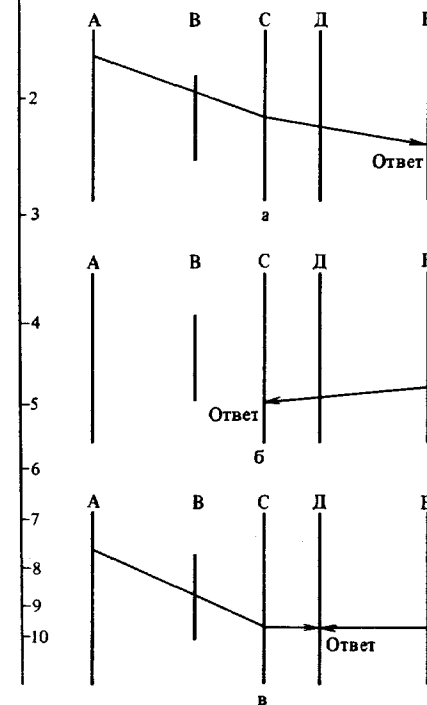


Рис. 10. Номограмма для планирования подбора структуры опыта.

Рис. 11. Примеры пользования номограммой.



те. При необходимости сравнения со стандартом значения НСР на шкале *D* необходимо умножить на коэффициент 1,47;

шкала *E* – число повторностей.

Примеры пользования номограммой.

Задача 1. Определить необходимое число повторностей опыта с делянками разного размера (10, 25, 50 и 100 м²). Коэффициент вариации урожайности (*V*), по данным учета, на делянках площадью 50 м² равен 8. Ошибка опыта не должна превышать 4%.

Схема пользования номограммой представлена на рис. 11, *a*. Прежде чем приступить к решению задачи, с помощью номограммы находят значение величин шкал для планируемых делянок. Для этого по таблице (см. приложение 1) определяют величины $\sqrt[4]{n}$, которые равны: для делянок 10 м² (уменьшение в 5 раз) – 1,49; 25 м² (уменьшение в 2 раза) – 1,19; 50 м² (без изменения) – 1,00; 100 м² (увеличение

в 2 раза) – 0,84. Зная эти величины, на номограмме с помощью линейки соединяют метку 8 на шкале *A* с меткой 1,49 шкалы *B* и фиксируют на шкале *C* метку 11 (это для делянки размером 10 м²). Затем точку 11 соединяют линейкой с меткой 4 шкалы *D* (заданная ошибка опыта) и на шкале *E* находят ответ – 6. Это значит, что при планировании эксперимента на делянках площадью 10 м² для проведения опыта с ошибкой, равной 4%, следует взять 6 повторностей.

Таким образом рассчитывают необходимое число повторностей и для делянок других размеров. В итоге получится 4 комбинации площадей делянок и числа повторностей: 10 м² при 6 повторностях, 25 при 5, 50 при 4, 100 м² при 3 повторностях.

Следует отметить, что каждая из планируемых площадей отвечает поставленному требованию относительно величины ошибки опыта, исходя из конкретной для данного земельного участка пестроты плодородия. Исследователь выбирает наиболее подходящую структуру полевого опыта. С помощью номограммы можно также определить коэффициент вариации и ошибку опыта.

Задача 2. Определить коэффициент вариации по данным статистической обработки опыта, проводившегося в предыдущие годы на данном участке. Площадь делянки 100 м², ошибка опыта 3,5% при числе повторностей 4. Схема пользования номограммой для решения этой задачи представлена на рис. 11, б. Соединяя линейкой метку 4 на шкале *C* с 3,5% на шкале *D* (слева), находим на шкале *C* ответ: $V = 7\%$ для делянок величиной 100 м².

Задача 3. Определить ошибку опыта, если планируется провести его на делянках площадью 10 м² в четырехкратной повторности. Коэффициент вариации на опытном участке равен 6% для делянок в 100 м².

Определяем V по таблице (см. приложение 1). Соединяя линейкой найденную метку 8 на шкале *C* с меткой на шкале *E*, находим на шкале *D* слева метку 4, справа – 7. Это значит, что при такой структуре полевого опыта на данном участке получим ожидаемую ошибку 4%, доказанную разность при сравнении со средним урожаем НСР = 7%, а при сравнении со стандартом НСР = $7 \cdot 1,47 = 10,3\%$ (рис. 11, в).

ЗАДАНИЕ Е. Решить задачи по планированию полевого опыта с использованием номограммы согласно следующим вариантам.

Вариант 1. Определить необходимое число повторностей делянок разного размера (10, 25, 50 и 100 м²). Опыт провести с ошибкой до 3%. Коэффициент вариации урожайности (V), по данным учета, на делянках площадью 50 м² равен 6%.

Вариант 2. Ошибка опыта (конкурсное сортоиспытание) на делянке площадью 100 м² при четырехкратной повторности равна 2,5%. Определить с помощью номограммы коэффициент вариации.

Вариант 3. Для оценки различных сортов озимой пшеницы на устойчивость к мучнистой росе планируется провести опыт на делянках

разного размера (20, 50 и 100 м²). Определить необходимое число повторностей, чтобы ошибка опыта не превышала 5%. Предварительными исследованиями установлено, что коэффициент вариации урожайности (V) на данном участке, определенный для делянок 100 м², равен 7%.

Вариант 4. При проведении опыта по выявлению вредоносности озимой совки на делянках площадью 100 м² в четырехкратной повторности ошибка равна 4%. Определить коэффициент вариации урожайности в пределах данного опытного участка.

Вариант 5. Планируется провести опыт для изучения действия лепидоцида в борьбе с капустной белянкой на делянках площадью 400 м² в четырехкратной повторности. По данным статистической обработки результатов опыта, который проводился в прошлом году, на данном участке, коэффициент вариации для делянок в 100 м² равен 7%. Определить ошибку опыта.

Вариант 6. Ошибка опыта по изучению устойчивости сортов пшеницы к клопу-черепашке равна 3,4%. Определить коэффициент вариации с использованием номограммы. Делянки площадью 100 м², повторность четырехкратная.

Вариант 7. Определить необходимое число повторностей для проведения опыта по изучению исходного селекционного материала на делянках 10, 25 и 100 м² с ошибкой до 4%. Коэффициент вариации урожайности (V), по данным предварительного учета, определенный на делянках площадью 50 м² в четырехкратной повторности, равен 7,5%.

Вариант 8. Провести опыты по изучению устойчивости сортов картофеля к колорадскому жуку с ошибкой 4,3%. Определить коэффициент вариации с помощью номограммы, если известно, что площадь делянок 100 м², повторность четырехкратная.

Вариант 9. Коэффициент вариации урожайности, по данным предварительного учета, проведенного на участках размером 50 м², равен 4,6%. Рассчитать необходимое число повторностей, если размер делянок будет 25, 50, 100 м². Допустимая ошибка опыта до 4%.

Вариант 10. Ошибка опыта по изучению устойчивости томатов к бактериальному раку не превышает 5,8%. Определить коэффициент вариации с помощью номограммы, если площадь делянок равна 100 м², повторность опыта четырехкратная.

Вариант 11. При проведении опыта по выявлению степени вредоносности вилта хлопчатника на делянках площадью 100 м² в четырехкратной повторности ошибка равна 6%. Определить коэффициент вариации урожайности на данном участке.

Вариант 12. Планируется провести опыт по изучению устойчивости сортов винограда к милдью на делянках площадью 400 м² в четырехкратной повторности. По данным статистической обработки результатов предварительных опытов на данном участке, коэффициент вариации для делянок 100 м² равен 7%. Определить ошибку опыта.

Вариант 13. Ошибка опыта по изучению устойчивости сортов пшеницы к клопу-черепашке равна 4,4%. Определить коэффициент вариации с помощью номограммы; площадь делянок 100 м², повторность четырехкратная.

Вариант 14. Определить необходимое число повторностей для проведения опыта по изучению устойчивости исходного материала к болезням на делянках 10, 25, 100 м² с ошибкой до 4%. Коэффициент вариации урожайности (*V*), по данным предварительного учета, определен на делянках площадью 50 м² и равен 8,5%.

Вариант 15. Ошибка опыта по изучению устойчивости сортов гороха к пероноспорозу составила 5,3%. Определить коэффициент вариации с помощью номограммы, если известно, что площадь делянок равна 100 м², повторность опыта четырехкратная.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний

1. Каковы специфические особенности планирования и проведения селекционных опытов по выведению устойчивых к вредным организмам сортов?
2. В чем значение и необходимость заранее запланированной ошибки опыта?
3. Каковы требования к ошибке и достоверности опыта на разных этапах селекционного процесса?
4. Что такое наиболее экономичное сравнение сортов по признаку устойчивости к вредным организмам?
5. Какой должна быть ошибка опыта на ранних этапах селекционного процесса?
6. Какая максимально допустимая ошибка опыта принята в основном (конкурсом) сортоиспытании?
7. Что такое рациональная структура опыта в селекции?
8. Что такое номограмма, из каких частей она состоит?
9. Как пользоваться номограммой для определения числа повторений при планировании опытов?
10. Перечислите способы определения коэффициента вариации с помощью номограммы.
11. Как определить ошибку опыта номограммным методом?
12. Для чего используются рекогносцировочные посевы?
13. Дать краткую характеристику статистическим показателям при номограммном методе планирования эксперимента.
14. Назовите основные принципы планирования полевого опыта в селекции сортов на их устойчивость к вирусам.

Занятие 7

ВЕДЕНИЕ ОПЫТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, СОСТАВЛЕНИЕ НАУЧНОГО ОТЧЕТА И РЕКОМЕНДАЦИЙ ПРОИЗВОДСТВУ

Существенным элементом опытного дела является правильное ведение документации и отчетности по опыту. Планирование и проведение полевого опыта включают целый ряд последовательно выполняемых операций, предусмотренных методикой и программой эксперимента. Сюда следует отнести работы по технологии выращивания сельскохозяйственных культур, операции по защите их от вредных организмов,

учеты и наблюдения за растениями, возбудителями болезней и насекомыми. Объективный анализ и объяснение полученных экспериментальных данных возможны при условии строгого учета всех выполняемых при проведении опыта работ, своевременного фиксирования результатов наблюдений. Все это требует от исследователя умения грамотно вести научную документацию, в которой необходимо делать подробные записи получаемых в опыте данных.

Цель занятий. Изучить основные документы, необходимые для проведения полевого опыта, и требования, предъявляемые к их ведению. Научиться составлять рабочую программу, календарный план исследований по защите растений от вредителей и болезней. Ознакомиться с правилами и требованиями по составлению научного отчета о проделанной работе и соответствующих рекомендаций производству.

Методические указания. Документация по полемому опыту должна быть полной по содержанию, объективной, точной, своевременной и достоверной. Очень важна при этом однотипность записей.

Для удобства контроля и облегчения последующей обработки и использования материалов опыта разработана стандартизация в формах документации.

Обязательная документация. Основными документами полевого опыта являются:

- 1) рабочий план (программа);
- 2) первичные текущие документы (дневник полевых работ);
- 3) вспомогательные документы (рабочие тетради или журналы);
- 4) сводные документы (журнал полевого опыта);
- 5) отчет о проведении полевого опыта.

Рабочий план (программа) опыта составляется исполнителем на определенный календарный год и утверждается на заседании кафедры или совещании отдела. В рабочем плане указывают название темы (раздела), сроки и место проведения опыта, должность, фамилию и инициалы руководителя и исполнителя, обоснование и задачи исследования, а также методы проведения эксперимента (лабораторный, вегетационный, лизиметрический, полевой или их сочетание). Помимо названных сведений, он включает: схему опыта (номера и названия вариантов, составные части работы и другие детали, которые характеризуют сущность эксперимента); общие условия проведения опыта (почва, агротехника и др.), параметры полевого опыта (площадь делянок, число повторностей, метод расположения вариантов на участке); перечень и методику учетов, наблюдений и анализов (даты проведения учетов развития болезни или численности вредителя, анализов и взятия проб для проведения других работ, определения структуры урожая); ожидаемые результаты (предполагаемая техническая и экономическая эффективность); необходимые для проведения опытов средства, материалы и оборудование. Примерный рабочий план НИР представлен в приложении 2.

Важнейшей составной частью рабочей программы является календарный план с перечнем всех видов работ, учетов, наблюдений и анализов, с указанием объемов и сроков их выполнения (приложение 3). Методику и рабочую программу опыта подписывают исполнители научной работы.

Дневник полевых работ. В ходе проведения опыта исследователь в хронологическом порядке каждый день записывает все агротехнические работы, учеты и наблюдения за условиями внешней среды и растениями. Записи ведут непосредственно в поле или лаборатории во время выполнения работы или после ее окончания, подчистки не допускаются, вносимые поправки или исправления следует оговаривать.

Дневник полевых работ должен быть надлежаще оформлен. На первых страницах дневника указываются тема эксперимента, место его проведения, фамилии исполнителей, время выполнения исследований. Затем описывается схема опыта, приводится чертеж с конкретным планом размещения вариантов на опытном участке. В дневник полевых работ, рабочие тетради и журналы вносят сведения по всем проведенным мероприятиям, наблюдениям и явлениям, которые могут повлиять на точность опыта. Особенно следует обращать внимание на факторы погоды при опрыскивании растений химическими препаратами в борьбе с вредителями и болезнями.

Во вспомогательных документах, начиная с момента выбора земельного участка под опыт и кончая уборкой урожая, необходимо делать подробные записи, касающиеся характеристики почвы, способов ее обработки, системы удобрения, подготовки семян к посеву, ухода за посевами, норм и сроков применения пестицидов. Необходимо систематически регистрировать фенологические наблюдения за ростом и развитием растений. Наблюдения и учеты вредителей и болезней проводят в течение всей вегетации растений с обязательным указанием даты первичного появления вредного организма. Записи этих данных проводят по специальной форме или произвольно. Вести записи целесообразно по определенной схеме.

Журнал полевого опыта является сводным документом, содержащим все необходимые материалы для дальнейших обобщений и выводов. В журнале, как правило, сосредоточен весь основной материал по полемому опыту (текст, таблицы и графики), на основании которого можно подготовить предварительный отчет.

В журнал полевого опыта заносятся следующие сведения: название темы (опыта); сроки и место проведения; фамилии и инициалы исполнителя и руководителя; цель и задачи опыта; схема и план размещения опыта в натуре; характеристика и история опытного участка; материалы об особенностях почв и агротехнике, программа и методика исследований; перечень всех работ, проводимых на участке (с указанием сроков, способов и качества выполнения); обработанные результаты учетов развития болезни или численности вредителей в виде таб-

лиц, графиков, диаграмм; данные эффективности изучаемых приемов в борьбе с вредителями и болезнями; обработанные результаты учета урожая по делянкам и в переводе на 1 га; результаты статистической обработки данных.

Все записи в журнале полевого опыта рекомендуется делать черными чернилами.

Отчет о проведении полевого опыта является заключительным этапом экспериментальной работы. Оформляют его в виде годового или заключительного отчета, статьи, курсовой, дипломной или диссертационной работы. Сущность работы исследователя в этом случае заключается в последовательном, научно аргументированном изложении собранных и обработанных в процессе эксперимента данных, в обосновании соответствующих рекомендаций производству.

К числу основных требований при составлении отчета относятся четкость построения, логическая последовательность изложения материала, убедительность аргументации, краткость и точность формулировок, исключая возможность субъективного и неоднозначного толкования, фактическая достоверность, конкретность изложения результатов работы, доказательность выводов и обоснованность рекомендаций производству.

В основу требований положены два важнейших принципа, определяющих особенности отчета как научного документа и отличающих его от научных документов другого вида: исчерпывающе полное отражение содержания и результатов проведенной научно-исследовательской работы (ее этапа) и доступная форма изложения. Благодаря этому специалист любой категории может легко извлечь нужную ему информацию.

Отчет по полемому опыту включает следующие основные разделы: цель и задачи исследования;

краткая история вопроса (по материалам изучения научной литературы);
схема, методика и условия проведения эксперимента;
результаты исследований;
выводы и рекомендации производству;
список использованной литературы.

Структура и правила оформления отчетов о научно-исследовательских работах (НИР), выполняемых научными учреждениями, предприятиями и организациями СССР, должны соответствовать требованиям ГОСТ 7.32—81.

Научный отчет и рекомендации производству подписывают руководитель и исполнители.

Научные исследования по конкретной теме по защите растений от вредителей, болезней и сорняков завершаются созданием научной продукции, которая независимо от вида исследований должна иметь прикладной характер для развития сельского хозяйства. Такой продук-

цией являются теоретические и научно-методические положения, методики, рекомендации производству.

Наиболее рациональные формы внедрения прикладных исследований следующие: использование результатов исследований по защите растений в колхозе (совхозе), подтверждаемых документом с указанием достигнутого и ожидаемого эффекта и планов дальнейшего использования; опытно-хозяйственное апробирование результатов исследования, подтвержденное органами Госагропрома с указанием сроков дальнейшей реализации и ожидаемого эффекта; решение организации, координирующей научно-исследовательские работы в области защиты растений, о включении указанных исследований в планы НИР.

Законченные научные исследования по защите растений от вредителей, болезней и сорняков сельскохозяйственных культур проходят производственную проверку в условиях хозяйства. Результаты проверки оформляются актом установленной формы и подписываются комиссией. В документах о подтверждении внедрения необходимо указать объект внедрения, перечень внедренных результатов исследования, форму внедрения и полученный экономический эффект.

ЗАДАНИЕ. Согласно предложенному варианту составить календарный план по теме исследования с перечислением всех видов работ, учетов, наблюдений и анализов с указанием объемов и сроков их выполнения применительно к условиям конкретного хозяйства.

Вариант 1. Устойчивость перспективных и районированных сортов винограда против основных болезней.

Вариант 2. Эффективность биологических препаратов в борьбе с вредителями малины.

Вариант 3. Динамика численности внутрстеблевых вредителей озимой пшеницы при бесплужной обработке почвы.

Вариант 4. Сосушки вредители сахарной свеклы и меры борьбы с ними при интенсивной технологии ее выращивания.

Вариант 5. Ложная мучнистая роса сои и химические меры борьбы с ней.

Вариант 6. Устойчивость районированных и перспективных сортов озимой ржи к возбудителю септориоза.

Вариант 7. Весенняя капустная муха и меры борьбы с ней.

Вариант 8. Эффективность лепидоцида в борьбе с листогрызущими вредителями яблони.

Вариант 9. Эффективность системы защиты земляники от главных болезней.

Вариант 10. Оптимизация применения фунгицидов на посевах озимой пшеницы при интенсивной технологии ее возделывания.

Вариант 11. Калифорнийская щитовка и меры борьбы с ней.

Вариант 12. Особенности защиты сахарной свеклы от главных вредителей при индустриальной технологии ее выращивания.

Вариант 13. Агротехнические приемы защиты люцерны в борьбе с пероноспорозом.

Вариант 14. Эффективность системных протравителей в борьбе с пыльной головней озимой пшеницы.

Вариант 15. Разработка долгосрочного сезонного прогноза бурой листовой ржавчины на посевах пшеницы.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний

1. Что такое методика эксперимента?
2. Назовите требования, предъявляемые к составлению программы опыта.
3. Как правильно составить календарный план исследований по защите растений?
4. Назовите основные документы, необходимые для проведения полевого опыта.
5. Какие документы называют первичными и почему?
6. Что относится к вспомогательным документам?
7. Как ведутся записи в дневнике полевых работ?
8. Что такое отчет по полевому опыту?
9. Назовите виды научных отчетов по полевому опыту.
10. Какие требования предъявляются к отчету?
11. Назовите принципы, определяющие особенности отчета как научного документа.
12. Какие разделы включают отчет по полевому опыту?
13. Назовите формы внедрения результатов прикладных исследований.
14. Как оформляются результаты производственной проверки научных исследований в условиях хозяйства?

III. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Вариационная статистика (математическая статистика, биометрия, биологическая статистика) — наука о способах применения математических методов в биологии. Методы биометрии дают математические характеристики совокупности и основаны на теории вероятностей — науке, изучающей общие закономерности в массовых случайных явлениях различной природы. Математическая статистика изучает совокупность, то есть группу отдельных однородных объектов, объединенных для совместного изучения. Совокупностью являются растения на поле, популяции вредителей, возбудители болезней растений и др. Совокупность состоит из членов или условных единиц. Для популяции колорадского жука на картофельном поле членом совокупности или условной единицей будет каждая особь колорадского жука, обитающая на данном поле. Число членов, входящее в совокупность, называется объемом совокупности и обозначается буквой n .

Каждый член совокупности характеризуется определенными признаками. Величину признака для какой-то единицы совокупности называют *вариантой* и обозначают $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$. Например, при

изучении плодovitости самок капустной совки получены разные величины – 905, 737, 895 яиц. Эти величины и будут вариантами. Различия между отдельными вариантами называют *изменчивостью*, или *вариацией* (обычно говорят, что признак варьирует, изменяется).

Занятие 8

ГЕНЕРАЛЬНАЯ СОВОКУПНОСТЬ. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ И КАЧЕСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ, ИХ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

Цель занятия. Ознакомление с генеральной и выборочной совокупностью, различными типами распределения признаков, вычисление основных показателей количественной изменчивости, приобретение навыков графического изображения распределения.

Методические указания. По отдельным признакам не всегда можно изучить всю совокупность особей. Поэтому прибегают к изучению части ее, по которой делают общее заключение. Группа объектов, подлежащих изучению, называется *генеральной совокупностью*, а часть объектов, попавших в исследование, – *выборочной совокупностью*, или *выборкой*.

В процессе наблюдений получают сведения о численной величине изучаемого признака у каждого члена данной выборочной совокупности, выражаемой в абсолютных или относительных числах. Расположение ряда вариантов в порядке возрастания (или убывания) называется *ранжированием*. Ранжировка вариантов дает возможность определить, что каждое значение встречается неодинаковое число раз.

Числа, характеризующие повторяемость каждого значения признака в данной совокупности, называют *частотами признака* и обозначают f . Сумма всех частот ($\sum f$) равна объему выборки, то есть числу членов ряда n . В результате такой обработки первичных наблюдений получается *вариационный ряд*, или *ряд распределения*. В вариационном ряду обычно указывают возможные значения варьирующего признака в порядке возрастания или убывания и соответствующие им частоты. Упорядоченное расположение данных показывает изменение признака от минимального до максимального значения. Группа, в которой встречается наибольшее количество вариантов, называется *модальной*. Для построения вариационного ряда необходимо: 1) найти для данной выборки минимальную и максимальную варианты; 2) определить разность между ними (размах варьирования R); 3) определить число групп (классов), которое зависит от объема выборки и ориентировочно равно корню квадратному из него ($K = \sqrt{n}$), а также групповой (классовой) интервал, разделив разность на число классов; 4) определить начало группового интервала путем прибавления к минимальному значению признака величины группового интервала; 5) определить конец группового интервала, который должен быть меньше по-

следующего на величину, равную точности измерения признака; 6) разнести все варианты выборки последовательно по группам, начав с первой.

Графически вариационный ряд можно представить в виде ступенчатой кривой, которая называется *гистограммой* и показывает распределение признака в данной совокупности.

Типы изменчивости признака. Различают два типа изменчивости: количественную, которая может быть измерена, и качественную (атрибутивную), не поддающуюся измерению.

Количественная изменчивость – это такая изменчивость, при которой различия между вариантами выражаются количеством (массой, высотой, урожаем, численностью погибших вредителей и др.). Она бывает прерывистой (дискретной) и непрерывной. При прерывистой количественной изменчивости признаки варьируют и отличаются друг от друга на определенную величину, выражаемую целыми числами. При *непрерывной количественной изменчивости* значения признака отличаются друг от друга на любую малую величину в зависимости от степени точности, принимаемой для характеристики данного количественного признака.

Качественная (атрибутивная) изменчивость. При биологических исследованиях часто приходится иметь дело с качественной оценкой явления, при этом одни варианты могут иметь тот или иной качественный показатель, другие – нет. Частным случаем атрибутивной изменчивости является альтернативная, то есть такая, когда варьирующие признаки являются одной из двух возможностей (альтернатив) – наличие или отсутствие признака (к примеру, здоровые и поврежденные вредителем растения и т. д.).

Статистические показатели, характеризующие совокупность, представлены двумя группами: средними величинами (средняя арифметическая, средняя геометрическая, мода и медиана) и показателями изменчивости признака (лимиты, среднее квадратическое отклонение, дисперсия, коэффициент вариации).

Средние показатели. *Средняя арифметическая* – это обобщенная абстрактная характеристика совокупности в целом. Если сумму всех вариантов ($x_1 + x_2 + \dots + x_n$) обозначить через $\sum x$, число вариантов – через n , то формула простой средней арифметической будет $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$.

Взвешенная средняя арифметическая вычисляется по формуле

$$\bar{x} = \frac{f_1 x_1 + f_2 x_2 + \dots + f_n x_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n} = \frac{\sum f x}{n},$$

где x – значение признака, варианта; f – частота встречаемости каждой варианты, признака; n – общее число измеренных значений, сумма всех частот ($\sum f$).

Средняя геометрическая (\bar{x}_g) используется для изучения процесса во времени, например изменения численности популяции вредителя, фитопатогена, роста растения и т. д. Вычисляется по формуле $\bar{x}_g = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}$, где x_1, \dots, x_n – варианты, то есть изменяющийся признак; n – общее число членов в изучаемой совокупности, или путем логарифмирования:

$$\lg \bar{x}_g = \frac{\lg x_1 + \lg x_2 + \lg x_3 + \dots + \lg x_n}{n}$$

Для нахождения средней геометрической можно также пользоваться формулой $\bar{x}_g = \sqrt[n]{\prod x}$, где $\prod x$ – произведение всех частных приростов; n – число периодов, а $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – приросты за отдельные периоды.

Поскольку средняя геометрическая характеризует средние величины приращений массы, линейных размеров, средний прирост популяции за определенные промежутки времени, вычисляется она не из абсолютных чисел, а из разностей или отношений. Этот показатель особенно удобен, когда признак, изменяясь во времени, выражается в долях единицы.

Среднюю геометрическую можно вычислить и на основании данных измерения в первый и последний периоды по формуле $\bar{x}_g = \sqrt[n]{\frac{x_n}{x_1}}$, где x_n – значение последнего, а x_1 – значение первого наблюдения. При логарифмировании пользуются выражением

$$\lg \bar{x}_g = \frac{\lg x_n - \lg x_1}{n}$$

Средняя квадратическая (\bar{x}_q) служит для определения средних диаметров, радиусов, площадей (например, диаметр форменных элементов гемолимфы насекомых, объем клеточного ядра и др.). Вычисляют эту величину по формуле $\bar{x}_q = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n}}$, или $\bar{x}_q = \sqrt{\frac{\sum f x^2}{n}}$, где \sum – знак суммирования; n – объем выборки; f – частота.

Средняя гармоническая (\bar{x}_h) используется в случаях, когда изучаемый признак находится в обратной пропорциональности к другому, связанному с ним функционально. Вычисляют по формуле $\bar{x}_h = \frac{n}{\sum \frac{1}{x_n}}$,

где $\frac{1}{x_n}$ – обращенные значения вариант; n – объем выборки. Для сгруппированных данных $\bar{x}_h = \frac{n}{\sum (f \frac{1}{x_n})}$. Структурными средними

являются мода (M_o) – варианта, наиболее часто встречающаяся в выборке, и медиана (M_e) – варианта, расположенная в центре вариационного ряда и делящая его на две равные части.

Показатели изменчивости. Лимиты (размах варьирования) – это минимальное и максимальное значения признака в совокупности. Чем больше разность между ними, тем изменчивее признак.

Дисперсия s^2 и стандартное отклонение s . Эти статистические характеристики являются основными мерами вариации (рассеяния) изучаемого признака. Дисперсия, или средний квадрат, – это частное от деления суммы квадратов отклонений $\sum (x - \bar{x})^2$ на число всех измерений без единицы:

$$(n - 1) : s^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Стандартное, или среднее квадратическое, отклонение получают путем извлечения квадратного корня из дисперсии:

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Для сгруппированных наблюдений:

$$s^2 = \frac{\sum f(x - \bar{x})^2}{n - 1}; \quad s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum f(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Существует несколько способов вычисления дисперсии. Наиболее распространенный из них следующий: определяют отклонения всех вариант от среднего арифметического, каждое такое отклонение возводят в квадрат и сумму квадратов делят на число всех измерений без единицы. Для вычисления стандартного отклонения извлекают корень квадратный из дисперсии.

Число степеней свободы, или число степеней свободы вариации, – это количество свободно варьирующих величин в совокупности. Оно обозначается ν и в простом случае равно $n - 1$.

Среднее квадратическое отклонение не является постоянной величиной и вычисляется для каждой совокупности. Стандартное отклонение служит показателем наиболее вероятной средней ошибки отдельного единичного наблюдения, взятого из данной совокупности. Его еще называют основным отклонением вариационного ряда.

Отдельные варианты определенной совокупности можно представить как отклонение от среднего арифметического и выразить в единицах изменчивости – s . Выраженные таким образом отклонения от среднего арифметического называют нормированным отклонением и обозначают буквой t . Вычисляют его по формуле $t = \frac{x - \bar{x}}{s}$. Если

показатель нормированного отклонения равен +1, то значит эта варианта больше \bar{x} на одно стандартное отклонение. Если показатель нормированного отклонения другой варианты равен -2, то это значит, что она меньше \bar{x} на два стандартных отклонения. Среднеквадратическое отклонение является единицей измерения нормированного отклонения t .

В статистике принято считать, что диапазон изменчивости в совокупностях достаточно большого объема, которые находятся под постоянным влиянием множества разнообразных и разнонаправленных факторов (биологические явления), не выходит за пределы $\pm 3s$ от среднего арифметического значения. О таких совокупностях говорят, что они подчиняются нормальному распределению вариант.

Ввиду того что диапазон изменчивости для каждой исследуемой биологической совокупности находится в пределах $\pm 3s$ от среднего арифметического, то чем больше величина среднего квадратического отклонения (s), тем больше изменчивость признака в данной совокупности. Величина среднего квадратического отклонения является мерой изменчивости признака в исследуемых совокупностях.

Среднее квадратическое отклонение используется как самостоятельный показатель и как основа для вычисления других показателей: коэффициента вариации (V), абсолютной ошибки выборочной средней, коэффициентов корреляции и регрессии и др. Это величина именованная, характеризует изменчивость изучаемого признака вокруг центра распределения — средней арифметической (\bar{x}) и является мерой степени влияния на признак различных второстепенных причин его варьирования. Выражается в тех же единицах, что и изменяющийся признак.

Коэффициент вариации (V), или C_v . Часто возникает необходимость в сравнении изменчивости различных биологических показателей, которые измеряются в разных единицах. Для этой цели в статистике введен коэффициент вариации, под которым понимают стандартное, или среднее квадратическое, отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической данной совокупности:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \%$$

Коэффициент вариации показывает, какой процент от среднеарифметического составляет среднеквадратическое отклонение в исследуемой совокупности. Следовательно, он является относительным показателем изменчивости. Изменчивость считают незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10%, средней — если он выше 10%, и значительной — если он более 20%.

Коэффициент вариации не зависит от абсолютной величины признака и может использоваться при сравнении величины изменчивости различных признаков одной размерности. Он отражает лишь величину

разнообразия признака и может использоваться для выяснения многих биологических закономерностей: явления изменчивости, действия естественного отбора, влияния экологических факторов и пр.

Ошибка выборочной средней, или ошибка выборки ($s_{\bar{x}}$). Группа проведенных измерений или наблюдений никогда не бывает бесконечно большой и всегда является выборкой большего или меньшего объема из теоретически возможной бесконечно большой генеральной совокупности. Однако именно на основании выборочных данных проводятся теоретические обобщения. Например, анализ гемолимфы в ограниченной группе насекомых позволяет сделать вывод о соотношении форменных элементов у насекомых этого вида вообще.

Во всяком исследовании не исключена вероятность ошибок, искажающих истинную сущность картины. Ошибки, несмотря на весьма разнообразный характер, могут быть разделены на две основные категории.

К первой категории относят ошибки, связанные с организацией и постановкой опыта: ошибки методического характера, обусловленные неправильно избранной методикой; ошибки точности, вызванные употреблением непроверенных измерительных приборов; случайные ошибки, происходящие в результате описок, перепутывания образцов и пр.; ошибки типичности, причиной которых является неправильный, без учета всех условий, отбор объектов в выборку. Таких ошибок можно избежать или свести их к минимуму при тщательном проведении исследований.

Поскольку часть никогда не может абсолютно полно характеризовать целое, то при выборочном методе исследования существует особый тип ошибок, вытекающих из самой сущности такого метода исследования. Они называются ошибками репрезентативности (представительности) и показывают, насколько выборочные показатели отличаются от соответствующих показателей генеральной совокупности, то есть насколько они показательны. Этих ошибок избежать нельзя, но их можно учесть.

Существуют различные способы расчета ошибок.

Следует отметить, что при многократном обследовании количества форменных элементов и их групп не будет одинаковым у обследованных особей. Иными словами, полученные средние величины характеризуются изменчивостью. Изменчивость средних показателей многочисленных групп подчиняется закону нормального распределения, и ее можно измерить с помощью среднего квадратического отклонения, характеризующего величину изменчивости средних арифметических при многократном групповом исследовании. Оно представляет собой ошибку выборочной средней, или ошибку выборки, или стандартную ошибку и обозначается $s_{\bar{x}}$. Стандартная ошибка является мерой отклонения выборочной средней \bar{x} от средней генеральной совокупности (μ).

Ошибки выборки возникают в результате неполной репрезентативности выборочной совокупности, а также при перенесении данных, полученных при изучении выборки, на всю генеральную совокупность. Величина ошибки зависит от степени изменчивости изучаемого признака и объема выборки.

Стандартная ошибка прямо пропорциональна выборочному стандартному отклонению s и обратно пропорциональна корню квадратному из числа измерений n :

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}.$$

Подставив значение s , получим

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n(n-1)}},$$

где n – объем совокупности, то есть количество проведенных измерений.

Ошибки выборки выражают в тех же единицах измерения, что и варьирующий признак, и приписывают к соответствующим средним со знаком \pm , например $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$. Согласно закону нормального распределения можно утверждать с гарантией, которая отвечает значению t_{05} в таблице Стьюдента, что средняя генеральной совокупности (μ) находится в пределах $\bar{x} \pm t_{05}s_{\bar{x}}$. Абсолютная ошибка выборочной средней используется для установления доверительных границ в генеральной совокупности, достоверности выборочных показателей и разности, а также установления объема выборок в научно-исследовательских работах.

Относительная ошибка выборочной средней – это ошибка выборки, выраженная в процентах от соответствующей средней:

$$s_{\bar{x}} \% = \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100.$$

Этот же показатель может обозначаться как C_s и вычисляться по формуле $C_s = \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100$, или $C_s = \frac{V\%}{\sqrt{n}}$, где $V\%$ – коэффициент вариации; n – объем выборки.

Коэффициент C_s широко применяется в агрономии для оценки результатов опытов.

Результаты считаются вполне удовлетворительными, если C_s не превышает 3–5 %.

Статистические показатели качественной изменчивости. Результаты исследований при качественной изменчивости группируются путем распределения совокупности объектов на группы (классы) с различными качественными признаками.

Статистическая обработка полученных данных при альтернативной качественной изменчивости сводится к изучению количественного соотношения между обеими группами и установления процента наличия p и процента отсутствия q исследуемого явления.

Основные статистические показатели качественной изменчивости: доля признака – p и q , показатель изменчивости – s , коэффициент вариации – V_p , ошибка выборочной доли – s_p .

Доля признака. Этот показатель характеризует относительную численность (частоту) отдельной варианты в данной совокупности и обозначается через $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$. Выражается доля признака в частях единицы или в процентах. Сумма всех долей в пределах совокупности или ряда распределения равна 1 (если p выражается в долях единицы) или 100 % (если p выражается в %).

Доля признака – это отношение численности каждого из членов ряда $n_1, n_2, n_3, \dots, n_n$ к численности совокупности N . Иными словами, доля признака – это вероятность появления данного признака в изу-

чаемой совокупности: $p_1 = \frac{n_1}{N}$; $p_2 = \frac{n_2}{N}$; $p_3 = \frac{n_3}{N}$ и т. д.

Поскольку при альтернативной изменчивости доля одного признака равна p , второго – q , вероятность двух противоположных явлений может быть выражена равенством $p + q = 1$ (100 %), а доля второго признака на основании равенства будет $q = 1 - p$.

Показатель изменчивости качественного признака (s), характеризующий варьирование величин ряда относительно друг друга, определяется по формуле $s = \sqrt{pq}$. В зависимости от соотношения p и q значение s изменяется от 0 до 0,5. Если количество градаций признака больше двух ($K > 2$), то s определяется по формуле $s = \sqrt[p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot \dots \cdot p_k]{}$.

Коэффициент вариации качественных признаков V_p – это показатель изменчивости, выраженный в % к максимальной изменчивости:

$$V_p = \frac{s}{s_{\max}} \cdot 100.$$

Коэффициент вариации характеризует относительную степень изменчивости исследуемых признаков и используется для сравнительной оценки выравненности различных совокупностей, максимальное значение V_p , равное 100 %, наблюдается при $s = s_{\max}$.

Ошибка выборочной доли (s_p) – это мера отклонения доли признака выборочной совокупности p от доли его во всей генеральной совокупности P вследствие неполной представительности выборки. Вычисляется по формуле $s_p = s \cdot \sqrt{N}$, где s – показатель изменчивости качественного признака; N – объем выборки. Подставляя в формулу

значение $s = \sqrt{pq}$, получим $s_p = \sqrt{\frac{pq}{n}}$.

Отредактировал и опубликовал на сайте : PRESSI (HERSON)

Вероятность встречаемости признака p (или q) в интервале $p \pm s_p$ составляет около 68 %, в интервале $p \pm 2s_p$ – 95 % и в интервале $p \pm 3s_p$ – 99 %, то есть, как и при количественной изменчивости, все значения p с вероятностью 99 % укладываются в пределах тройной ошибки выборочной доли.

Типы распределения. Частота проявления определенных значений признака в совокупности называется *распределением*. Различают эмпирические и теоретические распределения частот совокупности результатов наблюдений. *Эмпирическое распределение* – это распределение результатов измерений, полученных при изучении выборки (например, распределение насекомых в популяции колорадского жука по массе). *Теоретическое распределение* предполагает распределение измерений на основании теории вероятностей. К их числу относятся: нормальное (Гауссово) распределение, распределение Стьюдента (t -распределение), F -распределение, распределение Пуассона, χ^2 -распределение Пирсона, биномиальное.

Наибольшее значение в биологических исследованиях вообще и по защите растений, в частности, имеет нормальное (или Гауссово) распределение – это совокупность измерений, в котором варианты группируются вокруг центра распределения и их частоты равномерно убывают вправо и влево от центра распределения (\bar{x}). Отдельные варианты отклоняются от средней арифметической симметрично, и размах вариации в обе стороны не превышает величины 3σ . Нормальное распределение характерно для совокупностей, на членов которых суммарно влияет бесконечно большое количество разнообразных и разнонаправленных факторов. Каждый фактор вносит определенную часть в общую изменчивость признака. Бесконечные колебания факторов обуславливают изменчивость отдельных членов совокупностей.

Графическое выражение этого распределения называется Гауссовой кривой, или кривой нормального распределения. Опытным путем установлено, что такая кривая часто повторяет форму гистограмм, получающихся при большом числе наблюдений. Кривая нормального распределения может быть записана в виде формулы

$$y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^2},$$

где y – ордината кривой, вероятность; μ – генеральная средняя; σ – стандартное отклонение генеральной совокупности; π и e – константы (соответственно $\approx 3,14$ и $2,718$).

Форма кривой нормального распределения и ее положение определяются двумя величинами: генеральной средней μ и стандартным отклонением σ .

В практических исследованиях непосредственно формулой не пользуются, а прибегают к помощи таблиц:

Максимум, или центр, нормального распределения лежит в точке $x = \mu$; точки перегиба кривой находятся при $x_1 = \mu - \sigma$ и $x_2 = \mu + \sigma$, при $n = \pm \infty$ кривая достигает нулевого значения (рис. 12). Размах колебаний от μ вправо и влево зависит от величины σ и укладывается в пределах трех стандартных отклонений:

1. В области $\mu \pm \sigma$ находится 68,26 % (почти две третьих) всех наблюдений.
2. Внутри пределов $\mu \pm 2\sigma$ находится 95,46 % всех значений случайной величины*.
3. В интервале $\mu \pm 3\sigma$ находится 99,73 %, практически все значения признака.

Статистическая надежность, или уровень вероятности p , – это площадь под кривой, ограниченная от среднего на t стандартных отклонений, выраженная в процентах всей площади. Иными словами, это вероятность появления значения признака, лежащего в области $\mu \pm t\sigma$. Уровень значимости p_1 – это вероятность того, что значение изменяющегося признака находится вне пределов $\mu \pm t\sigma$, то есть уровень значимости указывает вероятность отклонения случайной величины от установленных пределов варьирования $p_1 = 1 - p$. Чем больше уровень вероятности, тем меньше уровень значимости, и наоборот.

В практике исследований по защите растений считается возможным пользоваться вероятностями 0,95–95 и 0,99–99 %, которым соответствуют 0,05–5 %-ный и 0,01–1 %-ный уровни значимости. Эти вероятности называются доверительными, то есть такими, которыми можно уверенно пользоваться. Так, при вероятности 0,95–95 % возможность сделать ошибку составляет 0,05–5 %, или 1 на 20; при вероятности 0,99–99 % – соответственно 0,01–1 %, или 1 на 100. Вероятность 0,95–95 % и уровень значимости 0,05–5 % считаются вполне объективными в исследованиях по защите растений.

Аналогичный подход применим и к распределению выборочных средних, так как всякое исследование сводится к сравнению средних величин, подчиняющихся закону нормального распределения. Средняя μ , дисперсия σ^2 и стандартное отклонение σ – параметры генеральной совокупности при $n \rightarrow \infty$. Выборочные наблюдения позволяют получить оценки этих параметров. Выборочная средняя \bar{x} является оценкой генеральной средней μ , выборочная дисперсия s^2 – оценкой σ^2 , выборочное стандартное отклонение s – оценкой σ . Для больших выборок ($n > 20$ –30, $n > 100$) закономерности нормального распределения объективны и для их оценок, то есть в области $\bar{x} \pm s$ находится 68,26 %, $\bar{x} \pm 2s$ – 95,46 %, $\bar{x} \pm 3s$ – 99,73 % всех наблюдений. Средняя арифметическая и стандартное отклонение тоже причисляют к основным харак-

* Случайной величиной, или стохастической переменной, называют величину, которая как результат наблюдения может принимать значения, которые нельзя предсказать точно.

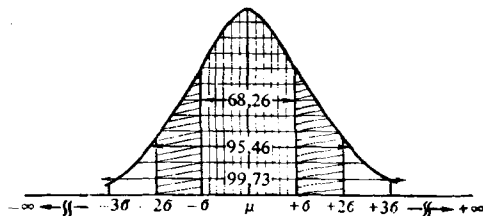


рис. 12. Площадь (процент наблюдений), ограниченная кривой нормального распределения, для различных значений σ .

теристикам, при помощи которых задается эмпирическое распределение измерений.

Распределение Стьюдента (t -распределение) применяют при работе с малыми выборками, когда $n \leq 30-20$; для выборочных средних пользуются равенством

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{\bar{x} - \mu}{s_{\bar{x}}},$$

где числитель $\bar{x} - \mu$ означает отклонение выборочной средней от средней генеральной совокупности μ , а знаменатель ($\frac{s}{\sqrt{n}} = s_{\bar{x}}$) — стандартную ошибку средней генеральной совокупности.

Следовательно, величина t измеряется отклонением выборочной средней \bar{x} от средней генеральной совокупности μ , выраженной в долях ошибки выборки $s_{\bar{x}}$, принятой за единицу.

На практике для нахождения t -распределения Стьюдента прибегают к помощи таблиц. Эта величина позволяет определить доверительный интервал, накрывающий среднюю генеральной совокупности μ , и проверить ту или иную гипотезу относительно генеральной совокупности. При этом не обязательно знать показатели генеральной совокупности μ и σ , достаточно иметь их оценки \bar{x} и s для объема выборки n .

F -распределение Фишера. Если из одной и той же совокупности, распределяемой по нормальному закону, отобрать случайным повторным способом какое-то количество независимых выборок объемом n_1, n_2, \dots, n_n , то можно подсчитать дисперсии $s_1^2, s_2^2, \dots, s_n^2$ со степенями свободы $\nu_1 = n_1 - 1; \nu_2 = n_2 - 1$ и $\nu_n = n_n - 1$ и затем определить отношение дисперсий: $F = s_1^2 : s_2^2$. Отношение дисперсии берут таким, чтобы в числителе была большая дисперсия, поэтому F всегда больше или равно единице (если дисперсии равны). Оно зависит только от числа степеней свободы и не зависит от дисперсии в общей совокупности. Если две сравниваемые выборки являются случайными независимыми выборками, взятыми из общей генеральной совокупности, с генеральной средней μ , то фактическое значение F не выйдет за пределы и не превысит критическое для данных ν_1 и ν_2 теоретическое значение критерия F ($F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$). Если генеральные средние сравниваемых групп различны, то $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$.

На практике для определения теоретического значения F пользуются таблицами (приложение 5).

Распределение F применяется в исследованиях, когда выборка, на которой проводится исследование, нуждается в проверке на однородность.

χ^2 -распределение Пирсона. Согласно закону, открытому в 1900 г. Пирсоном, теоретические частоты, как правило, не совпадают с эмпирическими частотами ряда. Поэтому возникает необходимость сопоставления эмпирических (полученных в эксперименте) частот с теоретическими. Для этого применяется критерий χ^2 , который представляет сумму квадратов отклонений эмпирических частот (f) от теоретических (F), отнесенную к теоретическим частотам:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f - F)^2}{F},$$

где f и F — соответственно фактические и теоретические частоты численности объектов выборки.

χ^2 — это не квадрат какого-то числа, а выражает лишь исходную величину, определяемую данной формулой. Вид кривой в значительной мере зависит от числа степеней свободы. Для малого числа степеней свободы кривая асимметрична. С увеличением числа степеней свободы асимметрия уменьшается и при $\nu \rightarrow \infty$ кривая становится нормальной.

Расхождения между данными эмпирического и теоретического распределения происходят по разным причинам. В одних случаях они возникают случайно, вследствие небольшого числа наблюдений, в других — вследствие несоответствия эмпирического распределения нормальному.

Задача критерия χ^2 (критерия согласия, критерия подобия, критерия соответствия) состоит в том, чтобы определить, являются ли расхождения данных эмпирического и теоретического распределения случайными или закономерными. Из формулы видно, что чем больше разность между эмпирическими и теоретическими частотами ($f - F$), тем больше величина критерия χ^2 . Если эмпирические и теоретические частоты между собой равны, то есть $f - F = 0$, то χ^2 также равен нулю, то есть граница колебаний хи-квадрат варьирует от нуля до ∞ . Нулевая гипотеза (H_0) отвергается, если $\chi_{\text{факт}}^2 > \chi_{\text{теор}}^2$ и не отвергается, если $\chi_{\text{факт}}^2 < \chi_{\text{теор}}^2$. При полном совпадении фактических и теоретически ожидаемых частот $\chi^2 = 0$. Для определения критерия χ^2 также пользуются таблицами (приложение 6). Его применяют при изучении качественных признаков: поражаемости болезнями, расщепления гибридов, прорастания семян и т. д.

Распределение Пуассона, или распределение редких событий. Такими событиями являются, к примеру, массовые размножения вредителей и эпифитотии болезней, распределение семян сорняков в семенном зерне и др. При этом распределении значение p очень мало, так как событие происходит редко, а значение q приближается к единице. Распределение редких событий характеризуется

одним показателем – средней арифметической \bar{x} , так как дисперсия (s^2) равна или мало отличается от \bar{x} , то есть $s^2 = a$. Следовательно, теоретические распределения можно построить на основании только одной выборочной средней. С помощью распределения Пуассона можно оценить точность результата в учетах численности вредителей, патогенов. Этому же закону следуют, в частности, явление полиэмбрионии у растений, число насекомых, попадающих в ловушки. Для этого используют формулу

$$p_x = \frac{a^x \cdot e^{-a}}{x!},$$

где p_x – вероятность появления значения x ; x – число редких событий, прошедших в каждой большой группе ($x = 0, 1, 2, 3$ и т. д.); a – среднее число редких событий на каждую большую группу ($a = np$, где p – вероятность появления данного признака; n – количество проведенных наблюдений); $x!$ – произведение чисел от 1 до x (факториал); считается, что факториал нуля равен единице ($0! = 1$); e – основание натуральных логарифмов, $\sim 2,718...$

Если событие x подчинено закону Пуассона со средней a , то вероятности значений $x = 0, 1, 2, 3$ и т. д. будут соответственно равны:

$$p_x = 0 = \frac{a^0 \cdot e^{-a}}{1} = e^{-a}; \quad p_x = 1 = \frac{a^1 \cdot e^{-a}}{1} = a e^{-a};$$

$$p_x = 2 = \frac{a^2 \cdot e^{-a}}{2}; \quad p_x = 3 = \frac{a^3 \cdot e^{-a}}{6}.$$

Обработка данных включает анализ полученных сведений, их первичную цифровую обработку и статистическую оценку результатов исследования.

Анализ полученных данных заключается в сравнении фактической методики исследования с методикой, требуемой условиями и целями исследований. Проводится критический обзор данных о численности вредителя, вредоносности, особенностях развития вредителя и растения-хозяина, урожая, сопоставления их с результатами полевых наблюдений. Первичные данные освобождаются от описок и других неточностей. Опыты с нарушениями методики и техники постановки эксперимента, грубыми ошибками, искажающими сущность изучаемых явлений, бракуют. После этого приступают к первичной обработке экспериментальных данных, которая предусматривает сведение громоздкого материала к немногим показателям, наглядно и полно отражающим результаты всего опыта и позволяющим сделать объективные выводы.

Первичная обработка материалов включает:

1. Вычисление средних показателей, характеризующих биологические особенности и экологические условия развития вредителя, фитопатогена в период проведения опыта, с составлением таблиц, феноклимограмм и пр.

2. Составление таблицы биологической эффективности пестицидов –

определение эффективности по делянкам, повторениям, вариантам, расчет средних показателей по вариантам.

3. Составление таблицы урожая – определение суммы урожая по повторностям, расчет средних урожаев по вариантам. При составлении таблиц, используемых для статистической обработки, необходимо придерживаться следующих правил: основная масса чисел должна быть трехзначной; поделочные и средние урожаи записывают в таблицу с точностью до 0,1, а если они выражаются сотнями центнеров – с точностью до 1 ц/га (сотые доли в первом случае и десятые доли центнеров во втором случае округляются). Необходимо знать абсолютную ошибку применяемых методов исследования. Соответственно ошибке исходных наблюдений, определяемой по величине варьирования и с помощью измерительной аппаратуры, должна быть и точность вычисления результатов опыта.

ЗАДАНИЕ. 1. Вычислить статистические показатели количественной изменчивости.

В полученном варианте задания провести обработку экспериментальных данных в следующем порядке.

1. Установить размах варьирования.
2. Установить количество групп в выборке и групповой интервал.
3. Разнести исходные данные по группам и определить частоту.
4. Определить статистические показатели выборки.
5. Определить доверительный интервал для генеральной средней.
6. Построить гистограмму и полигон распределения.
7. Определить объем выборки.

Пример. При взвешивании 50 гусениц яблонной плодовой лаборатории масса отдельных гусениц (мг) составила: 20 40 45 50 45 30 55 40 51 53 35 60 50 45 50 55 75 55 60 35 49 63 62 55 45 45 35 39 60 49 40 40 36 40 42 42 45 60 45 30 30 50 55 65 50 55 60 70 60 61.

Решение. Так как объем выборки большой ($n > 20-30$), то ее необходимо сгруппировать. С этой целью следует:

1. Установить количество групп (классов), величину интервала, начало и конец каждой группы, групповые варианты. Ориентировочно количество классов равно корню квадратному из общего числа наблюдений: $K = \sqrt{n}$. В нашем примере $K = \sqrt{50} \approx 7$ групп. Величина интервала (i) находится делением размаха варьирования (R) на число групп (K):

$$i = \frac{R}{K} = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{\text{Число групп}} = \frac{75 - 20}{7} = \frac{55}{7} \approx 8 \text{ мг.}$$

Начало каждой группы находят последовательно, прибавляя к x_{\min} величину интервала i , конец предшествующей группы должен отличаться от начала следующей на величину, равную точности измерения.

2. Составить рабочую таблицу и разнести исходные данные по группам, используя метод штрихов или конвертиков (табл. 4). После разности получается вариационный ряд, характеризующий изменчивость массы гусениц яблонной плодовой группы лабораторной популяции. Необходимо определить модальную группу (мода – наиболее часто встречающийся признак), значения крайних групп (лимиты, пределы).

4. Разноска исходных данных по группам

Группа	Способ разности		Частота (f)	Групповые варианты (x)
	штрихов	конвертиков		
1				
⋮				
⋮				
⋮				
⋮				
7				
Сумма	–	–	50	–

3. Определить среднее арифметическое и сумму квадратов отклонений (табл. 5).

5. Вычисление средней арифметической и суммы квадратов отклонений

Группа	Частота (f)	Групповые варианты (x)	Вычисление суммы квадратов отклонений по исходным значениям (x)		
			fx	x ²	fx ²
1					
⋮					
⋮					
⋮					
⋮					
7					
Сумма	50	–	–	–	–

4. Определить статистические характеристики вариационного ряда и доверительный интервал для генеральной средней. Вычисления проводят в следующей последовательности:

1) средняя арифметическая (взвешенная)

$$\bar{x} = \frac{\sum fx}{n};$$

2) сумма квадратов отклонений

$$\sum f(x - \bar{x})^2 = \sum fx^2 - \frac{(\sum fx)^2}{n};$$

3) дисперсия

$$s^2 = \frac{\sum f(x - \bar{x})^2}{n - 1};$$

4) стандартное отклонение (ошибка отдельного наблюдения)

$$s = \sqrt{s^2};$$

5) коэффициент вариации

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100;$$

6) абсолютная ошибка выборочной средней

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}};$$

7) относительная ошибка выборочной средней

$$s_{\bar{x}} \% = \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100\%.$$

5. Доверительный интервал генеральной средней для 5 %-ного уровня значимости при n – 1 степенях свободы устанавливаем по формуле: $\bar{x} \pm t_{05} \cdot s_{\bar{x}}$.

6. Построить гистограмму и полигон распределения 50 гусениц яблонной плодовой группы лабораторной популяции по массе (рис. 13). При этом по оси абсцисс наносят значения границ групп, а по оси ординат – частоту f. Получается ступенчатый график в виде столбиков высотой, пропорциональной частотам f, шириной, равной интервалу x. Этот график называется гистограммой. Соединив линиями средние значения групп, получим полигон – кривую распределения. Соотношение ширины и высоты графика должно быть близким 1 : 2.

7. Объем выборки определяем по формуле

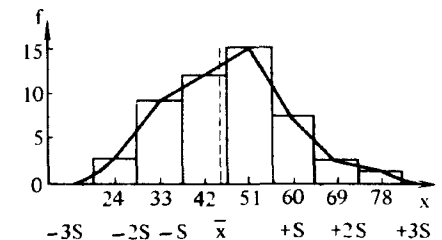


Рис. 13. Гистограмма и полигон распределения 50 гусениц яблонной плодовой группы лабораторной популяции по массе.

$$n = \frac{t_{0.5}^2 \cdot s^2}{s_{\bar{x}}^2}$$

После выполнения всех операций по заданию делаются выводы.

Вывод. Средняя арифметическая всей совокупности с 95%-ным уровнем вероятности находится в интервале 41 ÷ 48 мг, абсолютная ошибка выборочной средней – 1,93 мг, относительная – 4,26%, коэффициент вариации массы гусениц яблонной плодожорки лабораторной популяции 30,19%.

Вариант 1. При обследовании свекляница на заселенность обыкновенным свекловичным долгоносиком в 50 почвенных пробах обнаружено различное число насекомых (экземпляров): 1 2 3 5 6 4 7 10 13 4 1 2 7 5 3 6 10 8 9 7 10 3 7 5 3 9 9 12 8 8 2 3 4 4 5 6 7 8 8 2 6 8 9 10 4 6 5 11 9 8

Вариант 2. При взвешивании 50 самок клопа-черепашки в местах зимовки осенью масса отдельных насекомых составила (мг): 76 104 128 82 115 141 84 127 104 112 74 108 126 110 101 98 115 104 133 142 112 106 75 128 104 132 135 98 78 124 115 110 113 111 100 132 94 96 114 111 123 94 108 122 73 143 156 108 103 128

Вариант 3. При взвешивании самок колорадского жука в период начала выхода из почвы масса их (мг) оказалась равной: 238 151 137 158 117 135 147 167 153 161 118 182 92 129 138 170 140 118 138 175 167 138 165 178 135 211 146 129 162 130 176 123 109 138 238 179 152 155 130 183 147 183 143 183 140 196 170 208 216 111 183 182 188 210 215 163 114 208 156 174

Вариант 4. При определении физиологического состояния клопа-черепашки одесской популяции получено следующее относительное содержание жира в теле насекомых (% к сухой массе): 23,0 30,0 15,0 17,8 19,0 38,0 30,0 27,0 16,9 16,3 23,0 37,0 30,0 21,0 39,4 25,0 18,0 35,0 30,2 24,0 15,2 13,7 15,8 19,0 28,0 37,4 26,4 21,0 22,0 38,0 24,0 43,9 30,7 29,0 27,0 29,0 35,5 16,8 22,3 31,0 32,0 31,0 26,4 16,6 29,6 28,0 31,0 26,0 27,8 16,5 22,8 25,0 24,0 25,0 27,9 18,3 24,0 41,0 40,5 23,0

Вариант 5. При изучении физиологического состояния клопа-черепашки в зависимости от способа уборки озимой пшеницы Безостая 1 установлено, что содержание жира у 66 самок на начало уборки при прямом комбайнировании составило (% к сухому веществу): 36,1 31,9 34,2 21,5 24,0 21,5 36,1 31,9 34,2 21,5 24,0 21,5 28,4 34,4 25,1 32,2 21,8 17,1 30,2 31,8 19,9 13,8 25,2 26,9 23,1 52,0 12,2 25,9 16,8 16,5 30,1 21,7 23,4 16,7 40,5 19,0 26,8 21,1 24,7 22,6 26,4 36,0 34,8 26,2 30,7 31,0 27,7 24,6 25,3 25,9 25,0 31,8 24,4 34,8 35,5 14,3 18,8 28,4 35,8 29,5 35,5 14,3 18,8 28,8 34,5 30,3

Вариант 6. При определении рН гемолимфы у 50 гусениц яблонной плодожорки в местах зимовки осенью получены следующие данные: 5,05 5,05 4,45 5,20 5,14 5,40 5,03 5,42 5,30 5,13 5,29 5,02 5,36

5,32 4,95 5,15 5,24 5,31 5,40 4,90 5,13 5,30 5,30 5,04 5,16 5,20 5,35 5,26 5,01 5,21 5,29 5,30 5,19 5,28 5,25 5,23 5,21 5,26 5,15 5,20 5,26 5,50 5,35 5,16 5,35 5,23 5,04 5,10 5,01 5,19

Вариант 7. При изучении плодовитости самок яблонной плодожорки каменской популяции в лабораторных условиях получены следующие показатели (яиц в среднем на одну самку): 32 40 54 74 74 47 43 65 68 22 32 31 69 73 40 36 25 70 84 76 100 28 75 97 52 75 85 36 44 46 115 90 48 33 81 25 38 51 29 105 36 91 57 39 47 39 98 52 71 74

Вариант 8. При замерах длины 50 ростковых гиф *Phytophthora infestans* через 12 ч после нанесения суспензии на листья восприимчивого сорта картофеля получены следующие данные (мкм): 38,4 27,7 33,5 35,9 37,7 36,5 38,4 37,1 36,5 35,9 37,7 40,7 40,7 38,9 37,1 33,5 36,5 38,3 34,1 36,5 28,2 34,7 46,7 35,3 43,1 39,6 37,7 37,1 40,1 32,9 41,1 38,3 33,5 38,3 38,4 33,5 38,3 39,6 37,7 40,1 30,5 27,0 43,7 37,1 35,3 43,7 31,3 31,3 42,5 40,1

Вариант 9. При измерении длины 50 конидий *Bipolaris sorokiniana*, взятых с пораженных тканей листьев ячменя, получены следующие результаты (мкм): 55,9 54,9 59,9 54,1 57,4 62,0 49,6 59,6 64,8 56,0 57,7 56,3 51,2 73,6 62,6 49,9 59,3 58,2 56,6 61,8 50,4 61,2 46,7 64,6 51,0 47,3 74,4 55,2 50,1 58,8 52,2 50,5 53,2 48,0 52,7 56,5 51,9 45,2 53,8 55,6 45,9 41,3 49,0 60,0 61,5 44,8 54,7 39,6 69,8 69,7

Вариант 10. При обследовании плодового сада на заселенность зимующими гусеницами яблонной плодожорки на 50 деревьях обнаружено различное количество гусениц (экз.): 13 17 34 96 13 16 25 51 42 16 10 109 78 34 25 14 46 119 76 45 22 19 23 62 19 28 36 27 44 29 20 39 54 55 55 35 97 48 50 50 74 129 36 36 53 26 30 96 96 69

Вариант 11. При определении процента поврежденности зерна озимой пшеницы Безостая 1 клопом-черепашкой получены такие показатели: 19,8 1,2 10,3 13,6 29,9 13,1 19,2 12,9 19,7 11,3 9,4 3,6 10,8 6,3 35,1 4,9 9,5 10,5 20,9 13,6 3,8 10,2 11,0 5,9 31,2 3,7 11,8 14,3 18,7 19,0 3,9 3,7 21,9 19,1 15,3 13,8 15,4 16,8 13,4 10,2 18,7 23,5 7,4 22,1 4,4 13,6 18,7 8,9 15,9 9,8

Вариант 12. При взвешивании самок колорадского жука осенью выявлена различная масса жуков (мг): 157 160 185 187 132 159 149 95 160 191 170 100 168 205 165 172 148 151 152 174 150 180 200 210 167 132 157 167 170 185 150 170 195 205 183 132 135 165 168 187 155 158 120 250 210 159 156 125 172 200

Вариант 13. При изучении плодовитости колорадского жука получены следующие данные (яиц/самку): 323 335 317 215 963 420 366 555 850 608 366 201 468 472 470 550 401 631 830 627 388 209 361 685 385 550 389 387 890 631 264 418 620 756 405 408 388 358 793 432 273 363 558 634 408 284 210 295 725 511

Вариант 14. При изучении плодovitости яблонной плодoжорки получены следующие данные (яиц/самку): 17,0 11,0 37,0 19,6 15,0 55,0 17,3 16,0 45,0 4,0 20,0 19,0 40,5 16,7 48,0 16,5 19,0 61,0 7,0 39,0 76,8 35,2 33,6 63,0 27,0 23,0 53,0 2,0 26,0 54,5 65,0 25,3 18,0 32,0 42,0 16,0 56,0 32,8 62,0 37,0 54,0 50,0 49,0 37,0 63,6 29,8 18,0 32,8 38,0 14,0 51,0

Вариант 15. При анализе гемолимфы у гусениц яблонной плодoжорки обнаружено следующее количество микронуклеоцитов (шт.): 42 56 62 64 52 18 28 62 21 62 71 33 30 58 21 40 48 39 32 40 54 50 73 41 47 60 61 31 33 54 42 20 61 39 47 51 44 49 53 31 46 55 67 23 58 78 40 27 50 38

ЗАДАНИЕ 2. Вычисление статистических показателей качественной изменчивости.

В полученном варианте задания провести обработку данных по схеме:

1. Определить долю признака p .
2. Определить показатель изменчивости s .
3. Вычислить коэффициент вариации качественных признаков V_p .
4. Определить ошибку выборочной доли s_p .
5. Определить доверительный интервал доли для 5 %-ного и 1 %-ного уровня значимости.
6. Определить объем выборки.

Пример. При анализе пробы семян гороха на пораженность болезнями оказалось, что из 200 семян 27 поражены темно-пятнистым аскохитозом, 10 – светло-пятнистым аскохитозом и 13 – серой гнилью.

Решение. Объем выборки $N = n_1 + n_2 + n_3 + n_4$.

1. Доля в совокупности семян зараженных и здоровых: темно-пятнистым аскохитозом – $p_1 = n_1 : N$; светло-пятнистым – $p_2 = n_2 : N$; серой гнилью – $p_3 = n_3 : N$; здоровых – $p_4 = n_4 : N$.

2. Стандартное отклонение доли при $K = 2 : s = \sqrt{pq}$. Если $K > 2$, то показатель изменчивости вычисляется по формуле

$$s = \sqrt[4]{p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4}; \quad \lg s = \frac{\lg p_1 + \lg p_2 + \lg p_3 + \lg p_4}{K}$$

3. Коэффициент вариации (при $K = 4, s = 0,250$)

$$V_p = \frac{s}{s_{\max}} \cdot 100.$$

4. Ошибка выборочной доли $s_p = \frac{s}{\sqrt{N}}$.

Доверительный интервал для 1 %-ного (или 5 %-ного) уровня значимости для семян, пораженных темно-пятнистым аскохитозом, $p_1 \pm t_{01} \cdot s_p$, светло-пятнистым аскохитозом – $p_2 \pm t_{01} \cdot s_p$, серой гнилью – $p_3 \pm t_{01} \cdot s_p$, здоровых – $p_4 \pm t_{01} \cdot s_p$.

Вывод. Результаты выборочного наблюдения позволяют считать, что генеральная доля семян, пораженных темно-пятнистым аскохитозом, в изучаемой совокупности с 95 %-ным уровнем вероятности находится в интервале $p_1 \pm t_{05} \cdot s_p$, светло-пятнистым – $p_2 \pm t_{05} \cdot s_p$, серой гнилью – $p_3 \pm t_{05} \cdot s_p$, здоровых – $p_4 \pm t_{05} \cdot s_p$. Уровень значимости данного вывода составляет 5 %.

Вариант 1. При анализе семян гороха оказалось, что из 200 семян 27 поражено темно-пятнистым аскохитозом, 10 – светло-пятнистым аскохитозом и 13 – серой гнилью.

Вариант 2. При обследовании 450 особей клопа-черепашки установлено, что 112 из них были заражены белой мускардиной, 18 – разными бактериальными болезнями.

Вариант 3. Данные учета болезней на посевах озимой пшеницы показали, что из 1000 растений 658 поражены бурой листовой ржавчиной, 102 – мучнистой росой и 60 – септориозом.

Вариант 4. При учете болезней картофеля было обследовано 500 кустов, 85 из них оказались пораженными фитофторозом, 34 – макроспориозом, 15 – черной ножкой и 46 – вирусными болезнями.

Вариант 5. Лабораторный анализ 1150 особей свекловичного долгоносика показал, что 420 из них были заражены белой мускардиной, 110 – розовой и 62 – зеленой мускардиной.

Вариант 6. Из 2000 учетных листьев ячменя пораженными сетчатым гельминтоспориозом оказались 720, полосатым – 600 и темно-пятнистым – 180.

Вариант 7. При анализе установлено, что из 420 гусениц озимой совки 95 были заражены пелетерией, 62 – банхусом.

Вариант 8. При лабораторном анализе яйцекладок яблонной плодoжорки установлено, что из 800 яиц 216 заражены желтой плодoжорочной трихограммой, а 314 – безсамцовой трихограммой.

Вариант 9. При фитопатологическом анализе початков кукурузы установлено, что белью поражено 800 зерновок, бактериозом – 400, диплоидиозом – 150, здоровых зерен 800.

Вариант 10. При анализе 600 растений озимой пшеницы оказалось, что 280 из них поражены бурой листовой ржавчиной и 200 – стеблевой ржавчиной.

Вариант 11. При лабораторном анализе 750 гусениц непарного шелкопряда оказалось, что 215 заражены паразитической мухой – фороцерой, а 112 – блефариподой.

Вариант 12. При просмотре 250 растений томатов 120 оказались поражены фитофторозом и 85 – макроспориозом.

Вариант 13. При просмотре 600 растений льна обнаружено 150 растений, пораженных фузариозом, и 200 – антракнозом.

Вариант 14. При учете зараженности капустной белянки паразитами установлено, что 50 гусениц заражены хипозотером обыкновен-

ным, 150 — апантелесом беляночным и 79 — пимпшей. Здоровых насекомых 128 экземпляров.

Вариант 15. При учетах плотности непарного шелкопряда на яблоне сорта Джонатан обнаружены 153 гусеницы, пораженные апантелесом шелкопрядным, 149 — апантелесом одиночным и 205 — здоровых.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний

1. Что такое вариационная статистика (математическая, биологическая статистика, биометрия)?
2. Что называется совокупностью? Виды совокупностей.
3. Что такое вариант?
4. Что называется изменчивостью, вариацией? Виды изменчивости.
5. Что такое ранжировка, частота признака?
6. Дайте определение вариационного ряда.
7. Что называется модой, медианой?
8. Как определяется количество классов при группировке совокупности?
9. Что такое гистограмма, кривая распределения, или полигон?
10. Назовите статистические показатели количественной изменчивости.
11. Какие Вы знаете среднеарифметические и методы их вычисления?
12. Расскажите о показателях изменчивости признака.
13. Как вычисляется дисперсия? Ее свойства.
14. Как вычислить абсолютную ошибку выборочной средней, что она показывает?
15. Какие Вы знаете теоретические распределения?
16. Назовите показатели качественной изменчивости и формулы для их вычисления.
17. Что такое доверительный интервал и статистическая надежность?
18. Как определить объем выборки?
19. Что такое абсолютная ошибка выборочной средней, как ее вычислить?
20. Какие ошибки присущи выборочному методу исследований?
21. Назовите показатели качественной изменчивости.
22. Доля признака и ее вычисление.
23. Показатель изменчивости и его вычисление.
24. Коэффициент вариации и его вычисление при количественной и качественной изменчивости.
25. Какие Вы знаете закономерности нормального распределения?
26. Что такое среднее квадратическое отклонение, его свойства?

Занятие 9

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОВЕРКИ ГИПОТЕЗ

Цель занятия. Освоение методов оценки существенности разности между средними арифметическими двух выборочных совокупностей.

Методические указания. Любая разность между средними арифметическими двух генеральных совокупностей всегда существенна. В исследованиях по защите растений обычно сравнивают средние величины не генеральных, а выборочных совокупностей. Поэтому почти всегда при постановке опыта возникает вопрос о различии групп наблюдений. Решение этого вопроса сводится к сравнению статистических ха-

рактеристик, оценивающих параметры законов распределения, то есть к проверке статистических гипотез.

Статистическая гипотеза — это научное предположение о тех или иных статистических законах распределения рассматриваемых случайных величин, которое может быть проверено на основе выборки. Почти всегда задача заключается в проверке нулевой гипотезы (H_0) — об отсутствии реального различия между фактическими и ожидаемыми наблюдениями. Если в результате проверки различия между фактическими и теоретическими показателями близки к нулю или находятся в области допустимых значений, то нулевая гипотеза не опровергается. Если же различия оказываются в критической для данного статистического критерия области, невозможны при нашей гипотезе и поэтому несовместимы с ней, H_0 опровергается.

Принятие H_0 -гипотезы означает, что данные не противоречат предположению об отсутствии различий между фактическими и теоретическими или двумя рядами фактических распределений. Отбрасывание гипотезы означает, что эмпирические данные несовместимы с H_0 и верна другая, **альтернативная гипотеза**. Справедливость H_0 проверяется вычислением статистических критериев проверки для определенного уровня значимости.

Для проверки H_0 используют критерии двух видов: параметрические и непараметрические.

Параметрические критерии — это критерии, основанные на предположении, что распределение признака в совокупности подчиняется известному закону (например, закону нормального распределения). К таким показателям относятся критерии t и F , использование которых предполагает вычисление оценок параметров распределения.

Непараметрические критерии — это такие, использование которых не требует вычисления оценок неизвестных параметров распределения и приближенного значения распределения признака. Этими критериями пользуются только в предварительных исследованиях.

Статистические показатели выборочной совокупности — приближенные оценки параметров генеральной совокупности. Оценка их может быть точечная (представлена одним числом) или интервальная. Например, \bar{x} является точечной оценкой генеральной средней μ , выборочная дисперсия s^2 — точечной оценкой σ^2 . Точечную оценку генеральной средней можно записать так: $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$, то есть \bar{x} — оценка генеральной средней μ с ошибкой $s_{\bar{x}}$.

Интервальная оценка характеризуется двумя числами — концами интервала, покрывающего оцениваемый параметр.

Доверительный интервал — это такой интервал, который с заданной вероятностью покрывает оцениваемый параметр. Центр интервала — выборочная оценка точки. Пределы, или доверительные границы, определяются средней ошибкой оценки и уровнем вероятности.

Математически доверительный интервал для генеральной средней

записывается так: $\bar{x} - t_{05} \cdot s_{\bar{x}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{05} \cdot s_{\bar{x}}$, или $\bar{x} \pm t_{05} \cdot s_{\bar{x}}$, где $t_{05} \times s_{\bar{x}}$ – предельная ошибка выборочной средней при данном числе степеней свободы и принятом уровне значимости. Значения t -критерия Стьюдента для различных уровней значимости и числа степеней свободы приводятся в таблицах.

Крайние точки интервала – начало $\bar{x} - t_{05} \cdot s_{\bar{x}}$ и конец $\bar{x} + t_{05} \cdot s_{\bar{x}}$ – доверительные границы. Интервальную оценку используют для статистической проверки гипотез при сравнении выборочных средних.

Наименьшая существенная разность (НСР) – величина, указывающая границу предельным случайным отклонениям.

Если фактическая разность между выборочными средними $d \geq$ НСР, то нулевая гипотеза отвергается, а если $d <$ НСР – не отвергается.

НСР используется при построении доверительных интервалов и проверке статистических гипотез. Доверительный интервал для разности генеральных средних определяется по отношению $d - \text{НСР} \leq D \leq d + \text{НСР}$ или $d \pm \text{НСР}$. В этом соотношении НСР = $t_{05} \cdot s_d$ – предельная ошибка разности выборочных средних при данном числе степеней свободы $\nu = n_1 + n_2 - 2$ и принятом уровне значимости.

По величине стандартного отклонения s оценивается интервал для отдельного значения x и всей совокупности $\bar{x} - ts \leq \mu \leq \bar{x} + ts$, или $\bar{x} \pm ts$. Внутри этого интервала будут находиться с 95 %-ным или 99 %-ным уровнем вероятности значения генеральной средней μ и все индивидуальные значения варьирующей величины.

Величина ts – область разброса индивидуальных значений.

При сравнении средних необходимо помнить два момента:

- 1) сравниваются средние двух независимых выборок, когда единицы наблюдения первой и второй выборок не связаны общим условием;
- 2) сравниваются две сопряженные выборки, в которых единицы наблюдения одной выборки сопряжены каким-то общим условием с единицами наблюдения второй выборки.

При сравнении средних двух независимых выборок по t -критерию Стьюдента оценивается существенность разности средних ($d = x_1 - x_2$), а при сравнении двух сопряженных выборок – существенность средней разности ($\bar{d} = \Sigma d : n$).

Оценка разности средних независимых выборок по t -критерию и НСР₀₅. В теории статистики ошибка разности или суммы средних арифметических независимых выборок при одинаковом числе наблюдений ($n_1 = n_2$) определяется по формуле

$$s_d = \sqrt{s_{\bar{x}_1}^2 + s_{\bar{x}_2}^2},$$

где s_d – ошибка разности или суммы; $s_{\bar{x}_1}$ и $s_{\bar{x}_2}$ – ошибки сравниваемых средних арифметических \bar{x}_1 и \bar{x}_2 .

Гарантией надежности вывода о существенности или несущественности различий между \bar{x}_1 и \bar{x}_2 служит отношение разницы к ее ошибке. Это отношение получило название критерия существенности разности:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s_{\bar{x}_1}^2 + s_{\bar{x}_2}^2}} = \frac{d}{s_d}.$$

Если $t_{\text{факт}} \geq t_{\text{теор}}$, нулевая гипотеза об отсутствии существенности различий между средними опровергается, а если различия находятся в пределах случайных колебаний для принятого уровня значимости (то есть $H_0 : d = 0$) – не опровергается. Теоретическое значение критерия t находят по таблице (см. приложение 4), зная число степеней свободы $\nu = n_1 + n_2 - 2$ и принятый уровень значимости.

Проверить H_0 можно и по величине НСР, выраженной в единицах варьирующего признака. Когда разность между средними ($d \geq$ НСР) попадает в критическую область существенных различий, она признается значимой и H_0 опровергается. Когда $d <$ НСР и лежит в области случайных колебаний, то H_0 не опровергается.

Оценка существенности средней разности (сопряженные выборки). Оценку разности средних для сопряженных выборок вычисляют разностным методом. Сущность его состоит в том, что оценивается не разность средних $d = x_1 - x_2$, а существенность средней разности \bar{d} (арифметически это одна и та же величина).

Для нахождения $s_{\bar{d}}$ разностным методом вычисляют разность между сопряженными парами наблюдений d , определяют значение средней разности $\bar{d} = \Sigma d : n$ и ошибку средней разности по формуле

$$s_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{\Sigma (d - \bar{d})^2}{n(n-1)}}.$$

Критерий существенности вычисляют по формуле $t = \frac{\bar{d}}{s_{\bar{d}}}$. Число

степеней свободы находят по равенству $\nu = n - 1$, где $n - 1$ – число сопряженных пар.

Приемы определения существенности разности средних двух сопряженных рядов с помощью t -критерия часто используются для сравнительной оценки методов анализа.

Оценку существенности разности между выборочными долями при качественной изменчивости проводят так же, как и при количественной изменчивости, по t -критерию:

$$t = \frac{d}{s_d} = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{s_{p_1}^2 + s_{p_2}^2}},$$

где p_1 и p_2 – выборочные доли; s_{p_1} и s_{p_2} – ошибки долей.

Эта формула применима для сравнения двух совокупностей с разным объемом выборки, то есть при $n_1 = n_2$; если $n_1 \neq n_2$ или ошибки долей не вычисляли, то ошибку разности определяют по формуле

$$s_d = \sqrt{\frac{p_1 q_1}{n_1} + \frac{p_2 q_2}{n_2}}$$

ЗАДАНИЕ 1. Оценить существенность разности средних независимых выборок.

Сравнение двух выборочных средних проводится путем проверки нулевой гипотезы, согласно которой между выборочными средними нет существенных различий.

Пример. На 7 учетных площадках каждого из двух полей сахарной свеклы, обработанных базудином (0,8 кг/га) и фосфамидом (1,0 л/га), была подсчитана гибель свекловичной тли. Определить 5%-ные доверительные интервалы для средней гибели насекомых и проверить значимость различий в действии препаратов на свекловичную тлю.

Решение. Пробные площадки для учета гибели насекомых на двух участках сахарной свеклы не связаны общим условием. Поэтому полученные данные (табл. 6) следует обрабатывать по типу несопряженных выборок.

6. Последовательность вычислений при сравнении средних несопряженных выборок

Базудин			Фосфамид		
Погибло тлей, x %	$x_1 = x - A_1$	x_1^2	Погибло тлей, x %	$x_1 = x - A_2$	x_1^2
98			98		
93			77		
86			72		
96			87		
80			80		
78			73		
63			85		
$\Sigma \bar{x}$	Σx_1	Σx_1^2	$\Sigma \bar{x}$	Σx_1	Σx_1^2
\bar{x}			\bar{x}		

Расчеты по каждой выборке проводят в следующем порядке:

1. Сумма квадратов

$$\Sigma (x - \bar{x})^2 = \Sigma x_1^2 - \frac{(\Sigma x_1)^2}{n}$$

2. Абсолютная ошибка средней

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

3. Относительная ошибка средней

$$s_{\bar{x}} \% = \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100.$$

4. Доверительный интервал для генеральной средней $\bar{x} \pm t_{05} \cdot s_{\bar{x}}$. При степенях свободы $\nu = n - 1$ по таблице (см. приложение 4) находим значение t_{05} .

5. Критерий существенности $t_{\text{факт}} = \frac{d}{s_d} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s_{\bar{x}_1}^2 + s_{\bar{x}_2}^2}}$. Получен-

ный критерий $t_{\text{факт}}$ сравнивается с теоретическим, который находится по таблице приложения при числе степеней свободы, равном $\nu = n_1 + n_2 - 2$.

Нулевую гипотезу (H_0) проверяют также по величине наименьшей существенной разности (НСР). Ее выражают в единицах варьирующего признака и вычисляют по формуле $\text{НСР} = t_{05} \cdot s_d$.

На основании решения задачи делаются письменные выводы.

Вариант 1. На 7 учетных площадках каждого из двух полей сахарной свеклы, обработанных базудином и фосфамидом (по 1 кг/га), было проведено определение процента гибели свекловичной тли:

базудин	98	93	86	96	90	88	93
фосфамид	91	77	72	82	80	73	85

Вариант 2. На 10 учетных площадках каждого из двух полей картофеля, обработанных дилором (0,6 кг/га) и хлорофосом (1,0 кг/га), подсчитана гибель колорадского жука на десятый день после обработки:

дилор	91	94	89	85	87	97	95	98	89	98
хлорофос	50	76	80	73	84	85	79	77	65	67

Вариант 3. На двух полях капусты, где в целях борьбы с капустной совкой была выпущена бурая трихограмма в количестве 30 тыс. и 10 тыс/га, подсчитана на 100 учетных растениях зараженность яиц на десятый день после трихограммирования (%):

30 тыс/га	95	89	93	95	89	87	86	98	92	87
10 тыс/га	75	63	84	76	79	81	68	65	73	70

Вариант 4. При обследовании двух полей картофеля (по 10 пробных площадок на каждом) на заселенность их колорадским жуком установлена следующая численность вредителя в местах зимовки (экз/м²):

поле 1	7	9	5	4	3	6	8	2	5	3
поле 2	4	3	2	1	0	3	4	2	1	1

Вариант 5. При обследовании двух полей сахарной свеклы (по 10 пробных площадок на каждом) на заселенность их обыкновенным свекловичным долгоносиком установлена такая численность вредителя в почве (экз/м²):

поле 1	1	2	0	3	2	4	1	1	3	4
поле 2	5	4	1	0	2	4	2	1	4	4

Вариант 6. Для изучения зависимости плодовитости самок колорадского жука от их массы было отсажено по 10 самок с разной массой. В результате получены следующие данные (яиц/самку):

самки массой 100–180 мг	322	366	308	264	273	332	201	413	363	317
самки массой 181–210 мг	468	461	620	558	215	472	685	755	685	634

Вариант 7. При изучении плодовитости колорадского жука, выходящего в разные сроки из мест зимовки, было отсажено в марлевые садки по 10 самок в соответствующие сроки. В результате ими отложено следующее количество яиц:

в начале выхода из мест зимовки	322	366	308	264	273	332	201	418	363	317
в период массового выхода из мест зимовки	105	490	490	596	521	513	609	640	553	640

Вариант 8. При посеве озимой пшеницы в борьбе с хлебной жужелицей были внесены 5%-ный гранулированный базудин (50 кг/га) и 5%-ный гранулированный волатон (75 кг/га). Численность личинок (экз/м²) после внесения пестицидов составила:

базудин	1,0	0,5	0,3	0,9	1,2	0,3	0,7	0,7	0,6	1,1
волатон	1,5	1,0	0,9	1,3	1,6	1,3	1,8	0,85	0,9	1,7

Вариант 9. В борьбе с мышевидными грызунами использовали зерновые приманки с глифтором (8–12 г/га) и бактороденцидом (2 кг/га). Осенью на посевах многолетних трав на десятый день после обработки определено число жилых нор мышевидных грызунов на 1 га:

глифтор	15	13	10	20	18	15	10	11	10	12
бактороденцид	5	8	10	11	7	9	10	5	4	6

Вариант 10. В борьбе с комплексом головневых грибов применили протравливание семян озимой пшеницы витаваксом 200 (3,0 кг/т) и двухфазную термическую обработку. Пораженность пыльной головней составила (%):

витавакс 200	0,05	0,07	0,5	0,2	0,3	0,1	0,5	0,2	0,05	0,2
двухфазная термическая обработка	1,5	0,6	1,0	0,5	0,3	0,5	0,8	0,3	0,5	0,7

Вариант 11. В целях борьбы с личинками третьего возраста клопа-черепашки провели обработку 80%-ным хлорофосом (1,0 кг/га) и хлорофосом (доза та же) совместно с внекорневой подкормкой мочевиной (30 кг/га). Численность личинок через 10 дней после обработки составила (экз/м²):

хлорофос	3	2,5	4	3	2	5	3	2,5	3	1,2
хлорофос + мочевины	0,7	1,0	1,2	0,9	0,5	0,9	1,1	1,2	0,6	0,7

Вариант 12. В борьбе со стеблевым мотыльком была использована буро-желтая трихограмма из расчета 100 тыс. особей на 1 га. Зараженность яиц составила (%):

с выпуском трихограммы:	79	83	65	62	68	72	63	65	45
без выпуска (контроль)	2	3	5	4	3	5	8	3	4

Вариант 13. Против клубеньковых долгоносиков всходы обрабатывали метафосом (0,5 л/га) и волатоном (1,0 л/га). На десятый день после обработки численность вредителей составила (экз/м²):

метафос	3,5	1,8	0,5	2,0	1,3	1,7	2,3	5,0	3,7	1,5
волатон	1,8	1,5	1,0	1,2	2,3	2,0	1,7	1,3	1,8	2,0

Вариант 14. В борьбе с аскохитозом гороха было проведено протравливание семян 80%-ным ТМТД (4 кг/т). В результате процент поражения растений составил:

на контроле (без протравливания)	41	29	37	29	32	25	26	27	45	51
при обработке семян	10	11	9	5	5	11	10	11	0	4

Вариант 15. В борьбе с луговым мотыльком провели обработку посевов сахарной свеклы лепидоцидом (титр не менее 100 млрд. спор/г при норме расхода 1 кг/га). Плотность вредителя составила (экз/м²):

лепидоцид	2,0	1,7	2,1	3,2	1,5	2,0	1,9	1,8	2,1
без обработки (контроль)	10	11	15	13	8	11	8	9	15

ЗАДАНИЕ 2. Оценка существенности разности средних сопряженных выборок по *t*-критерию и НСР.
Пример 1. Изучалась эффективность действия гамма-изомера ГХЦГ, 16%-ного ммэ в борьбе с обыкновенным и серым свекловичным долгоносиком на одном поле сахарной свеклы. Учеты гибели насекомых проводились на одних и тех же учетных площадках. Определить эффективность препарата по отношению к каждому виду долгоносика. Исходные данные представлены в таблице 7.

Решение. Поскольку выборки сопряженные по *t*-критерию, необходимо оценить существенность средней разности \bar{d} . Согласно нулевой гипотезе $H_0: \bar{d} = 0$, то есть гибель обоих видов долгоносика под воздействием пестицида одинаковая.

Расчеты проводятся в следующем порядке:

1. Вычисляем $s_{\bar{d}}$ и $t_{\text{факт}}$ по формулам:

$$s_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{\sum d^2 - (\sum d)^2 : n}{n(n-1)}};$$

$$t_{\text{факт}} = \frac{\bar{d}}{s_{\bar{d}}}$$

2. При числе степеней свободы $\nu = n - 1$ определяем t_{05} .

3. Доверительный интервал для генеральной разности D определяют по формуле $\bar{d} \pm t_{05} \cdot s_{\bar{d}}$.

4. Вычисляем НСР: $\text{НСР}_{05} = t_{05} \cdot s_{\bar{d}}$; $\text{НСР}_{01} = t_{01} \cdot s_{\bar{d}}$.

На основании решения задачи конкретного варианта делаются письменные выводы.

7. Эффективность 16 %-ного ммэ гамма-изомера ГХЦГ в борьбе с обыкновенным и серым свекловичным долгоносиками

Номер учетной площадки	Число погибших насекомых, экз.		Разность $d = x_1 - x_2$	Квадрат разности, d^2
	обыкновенный долгоносик (x_1)	серый долгоносик (x_2)		
1	10	9		
2	11	17		
3	18	31		
4	14	18		
5	6	7		
6	7	8		
7	17	20		
8	5	10		

Сумма $\Sigma d =$
Среднее $\bar{d} =$

Вариант 1. Против твердой и пыльной головки пшеницы применяли предпосевное протравливание семян витаваксом (2,5 кг/т). При учете процента пораженности растений пшеницы получены следующие данные:

твердая головня:	0,5	40	37	38	31
пыльная головня:	44	41	44	42	39

Вариант 2. Изучали эффективность 16 %-ной ммэ гамма-изомера ГХЦГ (2,0 л/га) в борьбе с обыкновенным и серым долгоносиками на посевах сахарной свеклы. Учеты гибели насекомых проводились на одних и тех же учетных площадках. Процент погибших насекомых по десяти учетным деланкам составил:

обыкновенный долгоносик:	10	11	18	14	6	7	17	5	17	10
серый долгоносик:	9	17	31	18	17	18	20	10	17	9

Вариант 3. Различия в устойчивости к фитофторозу листьев картофеля верхнего и нижнего ярусов объясняют неодинаковой активностью окислительно-восстановительного фермента пероксидазы. В целях проверки этого был проведен специальный опыт. Результаты исследования активности пероксидазы в листьях нижнего и верхнего ярусов (мл 0,01 н. раствора на 1 г сырого вещества) по пяти повторениям были следующие:

нижний ярус:	6,5	6,9	7,0	6,8	6,8
верхний ярус:	7,2	7,9	8,4	8,4	8,0

Вариант 4. Изучалось влияние двух способов обработки почвы на развитие корневых гнилей пшеницы сорта Мироновская 808. Варианты опыта в каждом повторении располагали рядом на одном поле. Пораженность пшеницы корневой гнилью в зависимости от способа обработки почвы по шести повторениям была следующей (%):

зяблевая вспашка:	7,2	6,0	6,8	7,8	6,5	7,4
лушение жнивья +	4,9	7,1	6,0	5,4	5,0	6,2
+ зяблевая вспашка:						

Вариант 5. В опыте по изучению влияния облучения гамма-лучами семян гороха на устойчивость растений к корневым гнилям варианты располагались рядом на одном поле. Поражение проростков гороха возбудителями корневых гнилей по шести повторениям было следующим (%):

семена облученные:	22	22	23	18	20	24
семена необлученные (контроль):	24	28	20	25	28	32

Вариант 6. Изучалась эффективность золена (4 л/га) в борьбе с яблонной и грушевой плодоярками. Учеты эффективности препарата проводились на одних и тех же учетных деревьях груши. В результате получены следующие данные о поврежденности плодов на десяти учетных деревьях (%):

яблонная плодоярка:	0,5	1,4	1,0	0,7	0,5	0,5	0,4	0,8	0,7	1,3
грушевая плодоярка:	0,7	0,9	0,8	1,5	1,5	0,9	0,2	0,1	0,3	0,8

Вариант 7. На посевах сахарной свеклы изучалась эффективность 40 %-ного метафоса в борьбе с листовой и корневой тлями. Получена следующая биологическая эффективность по учетным площадкам (%):

листовая тля:	97	95	98	99	92	95	91	97	94	97
корневая тля:	82	76	77	83	85	84	81	77	78	78

Вариант 8. Проведено опрыскивание подсолнечника 40 %-ным к.э. метафоса в борьбе с песчаным медляком и серым многоядным долгоносиком. В результате биологическая эффективность обработок составила (%):

песчаный медляк: 95,3 97,8 92,5 95,8 98,7 91,9 93,6 90,7 95,2 95,6
серый многояд- ный долгоносик: 82,7 84,5 75,9 77,3 82,1 83,6 76,4 75,8 75,7 80,4

Вариант 9. В целях борьбы с септориозом и бактериозом проведено опрыскивание посевов сои 50%-ным узгеном (3 кг/га). Получена следующая биологическая эффективность (%):

септориоз: 66,0 66,5 68,8 60,3 62,7 66,7 67,3 63,4 64,8 63,8
бактериоз: 51,3 55,1 53,4 50,5 51,7 53,0 52,7 54,7 52,4 50,7

Вариант 10. В борьбе со снежной плесенью и плесневением семян проведено протравливание семян озимой пшеницы байтаном универсалом (2,0 кг/т). В результате получена следующая биологическая эффективность (%):

снежная плесень: 55,3 51,2 50,7 53,3 47,8 49,4 50,3 50,2 48,8 49,3
плесневение се- мян: 83,5 86,9 85,7 80,8 83,1 84,5 84,1 81,8 82,8 83,0

Вариант 11. Для уничтожения возбудителей твердой головни и корневых гнилей семена озимой пшеницы были обработаны витаваксом (75%-ный с.п.) в количестве 2,5 кг/т. Биологическая эффективность составила (%):

твердая головня: 99,1 98,9 99,3 98,7 98,9 97,3 99,9 98,8 99,0 98,9
корневые гнили: 45,7 48,9 52,0 53,7 48,9 51,7 50,7 47,3 49,8 48,8

Вариант 12. В борьбе с конопляной блошкой и конопляной листоверткой было проведено опрыскивание посевов конопли 50%-ным метатионом (1,5 л/га). Биологическая эффективность составила (%):

конопьяная блошка: 95,3 93,7 98,8 94,6 95,9 95,6 93,8 94,6 97,9 96,6
конопьяная листовертка: 83,4 86,5 80,7 81,3 78,6 78,8 79,3 80,4 84,6 85,9

Вариант 13. Для снижения пораженности картофеля фитофторозом и макроспориозом проведено опрыскивание полихомом (2,4 кг/га). В результате пораженность растений составила (%):

фитофтороз: 3,6 5,1 2,5 3,8 4,2 5,0 2,3 1,8 2,0 2,3
макроспориоз: 10,3 11 8,4 9,3 9,8 10,7 15,8 13,3 10,6 5,8

Вариант 14. В целях борьбы с тлями как переносчиками вирусной инфекции на семенных посевах картофеля было проведено опрыскивание пиримором (1,5 кг/га). Биологическая эффективность составила (%):

картофельная тля: 95,7 98,8 94,6 97,7 98,1 95,3 94,8 95,2 97,8 95,3
персиковая тля: 91,3 95,6 98,8 90,3 94,7 85,6 86,3 88,8 90,3 91,4

Вариант 15. Для уничтожения колорадского жука и картофельной моли проведено опрыскивание картофеля дилором (0,6 кг/га). Получена следующая биологическая эффективность (%):

колорадский жук: 97,8 98,3 95,6 98,8 96,7 94,8 98,9 98,8 95,7 98,3
картофельная моль: 92,3 87,6 85,9 85,7 86,3 81,2 83,4 84,6 83,7 85,4

Учет гибели насекомых проводился на одних учетных площадках.

ЗАДАНИЕ 3. Определить существенность разности между выборочными долями (качественная изменчивость).

Пример. Из 200 семян кукурузы, обработанных перед посевом гамма-изомером ГХЦГ в целях защиты от повреждения проволоочниками и высеянных в полевых условиях, взойшло 190, а из 200 обычных (необработанных) семян – 195. Надо установить, оказывает ли внесение препарата угнетающее влияние на всхожесть семян кукурузы. Определить критерий $t_{\text{факт}}$ и 95%-ный доверительный интервал для разности долей.

Решение. Согласно нулевой гипотезе одновременное внесение в почву с семенами гамма-изомера ГХЦГ не оказывает существенного влияния на полевую всхожесть семян кукурузы. Формулы для расчетов и их последовательность приведены в таблице 8.

8. Формулы для вычислений и их порядок

Инсектицид вносили с семенами при посеве	Инсектицид не применяли
1-я выборка	2-я выборка
n_1	n_2
n_2	n_1
$p_1 = \frac{n_1}{N_1}$	$p_2 = \frac{n_2}{N_2}$
$q_1 = 1 - p_1$	$q_2 = 1 - p_2$
$s_{p_1} = \sqrt{\frac{p_1 q_1}{N_1}}$	$s_{p_2} = \sqrt{\frac{p_2 q_2}{N_2}}$

Ошибка разности долей

$$s_d = \sqrt{s_{p_1}^2 + s_{p_2}^2}$$

Доверительный 95%-ный интервал для ошибки долей:

$$p_1 \pm t_{05} \cdot s_d; \quad p_2 \pm t_{05} \cdot s_d$$

Критерий существенности разности долей

$$t_{\text{факт}} = \frac{p_1 + p_2}{\sqrt{s_{p_1}^2 + s_{p_2}^2}}$$

Число степеней свободы $\nu = n_1 + n_2 - 2$.

По таблице в приложении 4 находим значение t_{05} при $\nu = n_1 + n_2 - 2$.

На основании решения задачи конкретного варианта сделать письменные выводы.

Вариант 1. Обследовано по 300 кустов земляники двух различных сортов. Число пораженных вилтом составило соответственно 59 и 83.

Вариант 2. При обследовании по 200 кустов картофеля двух различных сортов число пораженных фитофторозом растений составило соответственно 91 и 49.

Вариант 3. Число поврежденных грушевой плодожоркой плодов двух сортов груши составило соответственно 156 и 190. Объем каждой выборки по 500 плодов.

Вариант 4. При обследовании плодов двух сортов яблони (по 500 шт.) поврежденных яблонным пилильщиком оказалось 56 и 76 (соответственно).

Вариант 5. При обследовании гороха на поврежденность гороховой зерновкой оказалось, что у одного сорта из 500 зерен было повреждено 76, а у другого — 99.

Вариант 6. При монокультуре кукурузы обнаружено 43 пораженных пузырчатой головней растения, в севообороте — 15. В каждой выборке взято по 200 растений.

Вариант 7. При обработке семян кукурузы фунгицидом из 200 зерен было поражено плесенью 25, а без обработки — 50.

Вариант 8. При клубневом анализе картофеля установили, что из 200 клубней 35 оказались поврежденными стеблевой нематодой и 73 — гусеницами картофельной моли.

Вариант 9. Анализ 200 клубней картофеля показал, что 115 из них поражены картофельной молью и 39 — фитофторозом.

Вариант 10. При учете поврежденности плодов яблони было обнаружено, что из 2 тыс. плодов 93 повреждены яблонным пилильщиком и 179 — яблонной плодожоркой.

Вариант 11. При анализе 500 плодов яблони установлено, что 53 из них поражены паршой, 173 — яблонной плодожоркой.

Вариант 12. При учете зараженности яиц капустной совки трихogramмой (220 зараженных яиц) установлено, что из 119 яиц вылетела *Tr. eurpactidis* и из 101 — *Tr. evanescens*.

Вариант 13. При анализе 500 семян гороха установлено, что 79 из них заселены гороховой зерновкой, 53 — гороховой плодожоркой.

Вариант 14. При посеве озимой пшеницы по стерневым предшествующим хлебной жужелицей были повреждены 83 растения, а по нестерневым — 15. На каждом поле было взято по 100 растений.

Вариант 15. Согласно данным учета из 500 растений сахарной свеклы свекловичными блошками были повреждены 237, свекловичной крошкой — 170.

Примечание. Вопросы для самостоятельной проверки заданий даны в следующем разделе (см. с. 94).

Занятие 10

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ХИ-КВАДРАТ ПРИ РЕШЕНИИ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ЗАДАЧ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

Критерий хи-квадрат (χ^2) применяют, когда необходимо установить соответствие двух сравниваемых рядов распределения — эмпирического и теоретического или двух эмпирических. Этот показатель используется при изучении качественных признаков для оценки соответствия эмпирических данных теоретической предпосылке, нулевой гипотезе (H_0). Гипотеза отвергается, если $\chi_{\text{факт}}^2 > \chi_{\text{теор}}^2$, и не отвергается, если $\chi_{\text{факт}}^2 < \chi_{\text{теор}}^2$. Когда фактические и теоретические ожидаемые частоты совпадают, $\chi^2 = 0$. Предельные значения χ^2 , при которых H_0 принимается, приведены в таблицах (см. приложение 6). Величина хи-квадрат зависит от числа степеней свободы. В наиболее типичных случаях число степеней свободы определяется по формуле $(c - 1) \cdot (K - 1)$, где c — число строк и K — число колонок в аналитической таблице.

Пример. Из 50 жуков свекловичного долгоносика было обработано дилором 30 (опытные насекомые), а 20 не обрабатывались (контроль). В опытной группе погибло 28 долгоносиков, в контрольной — 4. Доказывают ли результаты опыта токсическое действие дилора, или гибель жуков зависит от случайных причин.

Решение. Обработка результатов опыта и расчеты приведены в таблицах 9 и 10.

9. Токсичность дилора и вычисление ожидаемого количества насекомых по группам по таблице 2 × 2

Группа насекомых	Количество насекомых				Σ	%
	погибших		здоровых			
	<i>f</i>	<i>F</i>	<i>f</i>	<i>F</i>		
Опытная	28	19,2 (F_1)	2	10,8 (F_2)	30	60
Контрольная	4	12,8 (F_3)	16	7,2 (F_4)	20	40
Σ	32	32	18	18	50	100
%	64	—	36	—	—	100

Примечание. *f* и *F* — соответственно фактически наблюдаемое и теоретически ожидаемое количество насекомых.

Количество насекомых по группам распределилось следующим образом:

$$\text{погибших в опытной группе} - F_1 = \frac{60 \cdot 32}{100} = 19,2;$$

$$\text{здоровых в опытной группе} - F_2 = \frac{60 \cdot 18}{100} = 10,8;$$

$$\text{погибших в контрольной группе} - F_3 = \frac{40 \cdot 32}{100} = 12,8;$$

$$\text{здоровых в контрольной группе} - F_4 = \frac{40 \cdot 18}{100} = 7,2.$$

10. Различия между фактическими и ожидаемыми количествами насекомых в группах ($f - F$)

Группа насекомых	Количество насекомых		Σ
	погибших	здоровых	
Опытная	8,8	-8,8	0
Контрольная	-8,8	8,8	0
Σ	0	0	0

$$\chi^2 = \sum \frac{(f - F)^2}{F} = \frac{(8,8)^2}{19,2} + \frac{(-8,8)^2}{10,8} + \frac{(-8,8)^2}{12,8} + \frac{(8,8)^2}{7,2} =$$

$$= \frac{77,44}{19,2} + \frac{77,44}{10,8} + \frac{77,44}{12,8} + \frac{77,44}{7,2} = 4,04 + 7,17 + 6,05 + 10,75 =$$

$$= 28,0 \text{ при } \nu = (c - 1) \cdot (K - 1) = (2 - 1) \cdot (2 - 1) = 1.$$

Теоретическое значение $\chi_{0,05}^2 = 3,84$ (по таблице приложения).

Вывод. Наблюдается существенное увеличение гибели обыкновенного свекловичного долгоносика при обработке жуков дилором ($\chi_{\text{факт}}^2 > \chi_{0,05}^2$), и нулевая гипотеза о независимости гибели вредителя от дилора отвергается.

Вариант 1. На 170 полях учтена урожайность озимой пшеницы и поврежденность зерна клопом-черепашкой. По урожайности поля распределены на две группы и по поврежденности — на четыре (табл. 11). Зависит ли урожайность от степени поврежденности зерна клопом-черепашкой?

Вариант 2. На 210 полях учтены урожайность сахарной свеклы и пораженность растений церкоспорозом. Поля распределены по урожайности на три группы и по пораженности на четыре (табл. 12). Зависит ли урожай от пораженности растений церкоспорозом?

11. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от поврежденности клопом-черепашкой

Урожайность по группам, ц/га	Поврежденность зерна по группам, %			
	до 0,5	0,6-1,0	1,0-1,5	1,6-2,0
55	31	18	10	11
23	45	25	16	14

12. Урожайность сахарной свеклы в зависимости от пораженности растений церкоспорозом

Урожайность по группам, ц/га	Пораженность растений по группам, %			
	до 5	6-10	11-15	более 15
350	15	8	6	5
140	79	31	15	15
250	9	8	5	3

Вариант 3. На 260 растениях огурца в теплице проведен учет урожайности и пораженности корневыми гнилями. Растения по урожайности разделены на две группы и по пораженности — на четыре (табл. 13). Зависит ли урожайность огурца от пораженности корневыми гнилями?

13. Урожайность огурца в зависимости от степени поражения растений корневыми гнилями

Урожай с одного растения по группам, кг	Пораженность растений по группам, %			
	до 5	6-10	11-15	более 15
15,0	20	32	58	20
25,0	55	37	25	13

Вариант 4. В лабораторных условиях из 50 мух 35 (опытные насекомые) были обработаны препаратом, остальные 15 не обрабатывались (контроль). В опытной группе погибли 25 мух, в контрольной — 3, здоровых осталось 12. Наблюдается ли токсическое действие препарата, или гибель мух зависит от случайных причин?

Вариант 5. В лабораторных условиях из 50 комнатных мух 37 (опытные) были обработаны кронетоном. В опытной группе погибли 3 мухи. Отмечается ли токсическое действие кронетона, или гибель мух зависит от случайных причин?

Вариант 6. В лабораторных условиях было проанализировано 260 образцов зерна озимой пшеницы Безостая 1, поврежденных клопом-черепашкой, и определена масса 1000 зерен. Образцы разбиты на две

группы по поврежденности вредителем и на четыре группы по степени снижения массы зерна. Зависит ли масса 1000 зерен от поврежденности клопом-черепашкой (табл. 14)?

14. Снижение массы 1000 зерен в зависимости от поврежденности клопом-черепашкой

Поврежденность зерен вредителем	Снижение массы 1000 зерен, %			
	0,2–1,0	1,1–2,0	2,1–3,5	3,6–6,0
Неповрежденные	66	12	1	1
Поврежденные	83	45	44	18

Вариант 7. В лабораторных условиях из 50 мух 40 были обработаны 0,015%-ным рогором, остальные 10 не обрабатывались (контроль). В опытной группе погибли 36 мух, а в контрольной – одна. Наблюдается ли токсическое действие рогора, или гибель мух зависит от случайных причин?

Вариант 8. В лабораторных условиях на жуках обыкновенного свекловичного долгоносика испытывалась токсичность 0,5%-ного фталофоса. Из 50 жуков были обработаны 38 (опытные насекомые) и 12 не обрабатывались (контрольные). В опытной группе погибли 37 особей, в контрольной – одна. Вызвана ли гибель обыкновенного свекловичного долгоносика токсичностью фталофоса или случайными причинами?

Вариант 9. В лабораторных условиях из 50 жуков свекловичного долгоносика 38 обработаны 0,015%-ным рогором, остальные 12 не обрабатывались. В опытной группе погибли 35 жуков, в контрольной – 2. Требуется установить, является ли гибель жуков следствием токсического действия рогора или случайных причин.

Вариант 10. В лабораторных условиях из 50 жуков клубенькового долгоносика 30 обработаны 0,5%-ным хлорофосом, остальные 20 – контрольные. В опытной группе погибли 28, в контрольной – 5. Наблюдается ли токсическое действие хлорофоса, или гибель жуков зависит от случайных причин?

Вариант 11. В лабораторных условиях из 50 гусениц боярышницы 35 были обработаны битоксибациллином, остальные 15 не обрабатывались и служили контролем. В опытной группе погибли 28, в контрольной – 4. Объясняется ли гибель гусениц действием биопрепарата или вызвана случайными причинами?

Вариант 12. Обследовано 119 полей озимой пшеницы на пораженность корневыми гнилями (табл. 15), посеянной по чистому пару и после яровых зерновых. Существенно ли различие в пораженности озимой пшеницы, размещаемой по разным предшественникам?

15. Пораженность озимой пшеницы корневыми гнилями в зависимости от предшественников

Предшественник	Пораженность, %		
	слабая	средняя	сильная
Чистый пар	45	10	5
Яровые зерновые	12	32	15

Вариант 13. Обследовано 105 полей картофеля на пораженность фитофторозом. Поля засеяны клубнями, которые перебрали перед посевом, и без подготовки (табл. 16). Существует ли зависимость между пораженностью посевов фитофторозом и подготовкой клубней к посеву?

16. Пораженность картофеля фитофторозом в зависимости от качества подготовки клубней к посеву

Вид клубней	Пораженность растений, %		
	слабая	средняя	сильная
Перебранные	35	15	5
Неперебранные	20	12	18

Вариант 14. Обследовано 113 полей гороха, посеянного по разным предшественникам на пораженность их аскохитозом (табл. 17). Влияют ли предшественники на пораженность гороха?

17. Пораженность гороха аскохитозом в зависимости от предшественников

Предшественник	Пораженность растений, %		
	слабая	средняя	сильная
Картофель	30	19	11
Горох	9	21	24

Вариант 15. Обследовано 100 полей многолетних трав, размещаемых по разным предшественникам (табл. 18). Сказывается ли влияние предшественников на поражаемость растений люцерны ржавчиной?

18. Влияние предшественников на поражаемость люцерны ржавчиной

Предшественник	Пораженность растений, %		
	слабая	средняя	сильная
Подсев под яровые	30	15	15
Сахарная свекла	5	33	11

Вопросы для самостоятельной проверки знаний

1. Назовите статистические методы проверки гипотез.
2. Дайте определение статистической гипотезы.
3. Что такое нулевая гипотеза? Альтернативная гипотеза?
4. Какие показатели (критерии) используют при проверке нулевой гипотезы?
5. Назовите параметрические и непараметрические критерии проверки нулевой гипотезы.
6. Что такое точечная оценка параметров генеральной совокупности?
7. Что такое интервальная оценка параметров генеральной совокупности?
8. Назовите точечную оценку генеральной средней μ , σ .
9. Что такое доверительный интервал?
10. Дайте определение наименьшей существенной разности.
11. Как пользоваться наименьшей существенной разностью?
12. Что такое независимые и сопряженные выборки?
13. Что называется t -критерием? Напишите формулу, по которой он определяется при сравнении средних независимых выборок.
14. Что оценивается при определении существенности разности средних независимых и сопряженных выборок?
15. Как вычисляется t -критерий при сравнении средних сопряженных выборок?
16. Как оценивается существенность разности между выборочными долями?
17. Чему равно число степеней свободы при сравнении средних независимых и сопряженных выборок?
18. Чему равно число степеней свободы при использовании критерия хи-квадрат?

Занятие 11

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Цель занятия. Освоение метода дисперсионного анализа и приобретение навыка по использованию этого метода при решении вопросов в области защиты растений.

В защите растений дисперсионный анализ используется при оценке эффективности препаратов, применяемых для борьбы с вредными организмами, при определении доли и достоверности влияния факторов внешней среды на изучаемый признак. При этом возможно как изучение влияния каждого фактора в отдельности, так и их совместного воздействия.

При подборе данных для дисперсионного анализа необходимо выполнять следующие требования:

отбор и выборку необходимо проводить по принципу случайности; выборка должна объективно отображать генеральную совокупность, частью которой она является; выборки могут быть малочисленными и многочисленными.

Методические указания. Изменчивость признаков растений и животных определяется влиянием многочисленных факторов. Признаки, изменяющиеся под воздействием тех или иных причин, факторов, называются *результативными*.

Степень влияния отдельных факторов на изменение результативного признака не одинакова: одни влияют больше, другие – меньше. Факто-

ры, воздействующие на результативный признак, обозначаются заглавными буквами латинского алфавита (A, B, C), а учитываемые признаки – через x, y, z . Факторы в опыте испытываются серийно, то есть имеют градации. Градация фактора – это степень его воздействия на результативный признак. Например, различные нормы расхода пестицидов, нормы выпуска трихограммы и пр., то есть градации – это обособленные друг от друга группы (классы). Обозначаются теми же буквами, что и факторы: например, градации фактора A обозначаются через A_1, A_2, A_3 и т. д.

Факторы (причины), влияющие на степень варьирования результативного признака, делятся на организованные и случайные.

Организованные (или регулируемые, систематические) факторы вызываются действием изучаемого в эксперименте фактора, которому в опыте придается несколько значений (градаций). Например, несколько норм расхода пестицида и т. д. В соответствии с градациями признака выделяется несколько вариантов опыта для сравнения. Поскольку эти факторы предварительно обусловлены, их называют организованными в исследованиях, то есть заданными, зависящими от условий (организации опыта). Следовательно, организованные факторы – это факторы, действие которых изучается в опыте.

Случайные факторы (причины) обуславливаются естественным варьированием всех признаков биологических объектов в природе. Это неорганизованные, неконтролируемые в данном опыте факторы. Они оказывают случайное влияние на результативный признак. К случайным факторам относится, например, изменчивость, определяемая погрешностями измерений при постановке опыта. При увеличении числа наблюдений (объема выборки) роль случайных факторов снижается.

Среднее значение величины изучаемого результативного признака характеризуется средним арифметическим (\bar{x}), а степень варьирования признака в данной совокупности – дисперсией (s^2) и средним квадратическим отклонением (s). Среднее квадратическое отклонение характеризует суммарную степень варьирования признака, но ничего не говорит о влиянии отдельных факторов.

Относительная роль отдельных факторов в общей изменчивости интересующего нас результативного признака характеризуется дисперсией и может быть изучена с помощью дисперсионного анализа, или *анализа рассеяния*. Суть его заключается в изучении статистического влияния одного или нескольких факторов на результативный признак; наряду с этим метод позволяет установить роль отдельных факторов в изменчивости изучаемого признака, расчленив общую дисперсию на составляющие ее части, вызванные влиянием отдельных факторов или их групп.

При статистическом изучении какого-либо результативного признака при помощи дисперсионного анализа можно определить его варьирование по вариантам, повторениям, остаточное варьирование внутри

этих групп и общее варьирование результативного признака в опыте.

В соответствии с этим различают три вида дисперсий:

- общую дисперсию результативного признака (s_y^2);
- межгрупповую, или частную, между выборками (s_p^2);
- внутригрупповую, остаточную (s_z^2).

Следовательно, дисперсионный анализ – это расчленение общей суммы квадратов отклонений и общего числа степеней свободы на части или компоненты, соответствующие структуре эксперимента, и оценка значимости действия и взаимодействия изучаемых факторов по F -критерию. Дисперсионный анализ позволяет одновременно обрабатывать данные нескольких выборок (вариантов), составляющих единый статистический комплекс, оформленный в виде специальной рабочей таблицы. Дисперсионный комплекс представляет собой совокупность градаций с измеренными значениями результативного признака. При изучении одного фактора комплекс называется *однофакторным*, а нескольких с их действием и взаимодействием – *многофакторным*.

Дисперсионный анализ разработан и введен в практику сельскохозяйственных и биологических исследований английским ученым Р. Фишером, открывшим закон распределения отношения средних квадратов (дисперсий):

$$\frac{s_1^2}{s_2^2} = F,$$

где s_1^2 – средний квадрат выборочных средних; s_2^2 – средний квадрат объектов.

При обработке однофакторных статистических комплексов, состоящих из нескольких независимых выборок (l вариантов), общая изменчивость результативного признака, измеряемая общей суммой квадратов C_y , расчленяется на два компонента: варьирование между выборками (вариантами) C_p и внутри выборок C_z . В общей форме изменчивость признака будет представлена выражением $C_y = C_p + C_z$. Вариация между выборками (вариантами) представляет часть общей дисперсии, обусловленную действием изучаемых факторов. Дисперсия внутри выборок характеризует случайное варьирование изучаемого признака, то есть ошибку опыта.

Общее число степеней свободы ($N - 1$) также расчленяется на две части: степени свободы для вариантов ($l - 1$) и для случайного варьирования ($N - l$): $N - 1 = (l - 1) + (N - l)$.

При обработке однофакторных сопряженных статистических комплексов, когда варианты связаны между собой общим контролируемым условием – наличием n организованных повторений, общая сумма квадратов разлагается на три части: варьирование повторений C_p , вариантов C_v и случайное варьирование C_z . Изменчивость и общее число степеней свободы могут быть представлены выражениями:

$$C_y = C_p + C_v + C_z \text{ и } N - 1 = (n - 1) + (l - 1) + (n - 1) \cdot (l - 1).$$

Суммы квадратов отклонений, по данным полевого опыта – статистического комплекса с вариантами l и повторениями n , находят следующим образом. Сначала с помощью исходной таблицы определяют суммы по повторениям – ΣP , вариантам – ΣV и общую сумму всех наблюдений – ΣX .

Затем вычисляют следующие показатели:

1. Общее число наблюдений $N = l \cdot n$.
2. Корректирующий фактор (поправку) $C = (\Sigma X_1)^2 : N$.
3. Общую сумму квадратов $C_y = \Sigma X_1^2 - C$.
4. Сумму квадратов для повторений $C_p = \Sigma P^2 : (l - C)$.
5. Сумму квадратов для вариантов $C_v = \Sigma V^2 : (n - C)$.
6. Сумму квадратов для ошибки (остаток) $C_z = C_y - C_p - C_p$.

Полученные суммы квадратов C_v и C_z делят на соответствующие им степени свободы вариации и получают два средних квадрата (дисперсии): вариантов $s_v^2 = \frac{C_v}{l - 1}$ и ошибки $s_z^2 = \frac{C_z}{(n - 1)(l - 1)}$.

Эти средние квадраты используют в дисперсионном анализе для оценки значимости действия изучаемых факторов путем сравнения дисперсии вариантов s_v^2 с дисперсией ошибки s_z^2 по критерию $F = s_v^2 : s_z^2$. За единицу сравнения принимают средний квадрат случайной дисперсии, который определяет случайную ошибку эксперимента. Проверяемой H_0 -гипотезой является предположение – все выборочные средние являются оценками одной генеральной средней и различия между ними несущественны. Если $F_{\text{факт}} = s_v^2 : s_z^2 < F_{\text{теор}}$, то нулевая гипотеза не отвергается: $H_0 : d = 0$. Между всеми выборочными средними нет существенных различий, и на этом проверка заканчивается.

Нулевая гипотеза (H_0) отвергается при $F_{\text{факт}} = s_v^2 : s_z^2 \geq F_{\text{теор}}$. После проводят оценку существенности частных различий по НСР, ЗЕ или по D -критерию. Значение F -критерия для принятого в исследовании уровня значимости находят по соответствующей таблице с учетом числа степеней свободы для дисперсии вариантов и случайной дисперсии. Обычно пользуются 5%-ным уровнем значимости, а при более строгом подходе 1%-ным и даже 0,1%-ным. При наличии общих принципов конкретные модели или схемы дисперсионного анализа могут быть разные, так как отражают условия и методику проведения опыта.

Дисперсионный анализ дает представление о степени или доле влияния того или иного фактора в общей дисперсии признака, принимаемой за 1 или 100%: $\eta_v^2 = \frac{C_v}{C_y}$ – влияние вариантов; $\eta_p^2 = \frac{C_p}{C_y}$ – влия-

ние повторений; $\eta_z^2 = \frac{C_z}{C_y}$ – влияние случайных факторов; $\eta_y^2 = \eta_p^2 + \eta_z^2 + \eta_2^2 = 1$ (или 100%) – влияние всех факторов.

Оценка существенности разностей между средними. Критерий F позволяет установить наличие существенных различий между средними, но не указывает, между какими. В случае, когда общая оценка по критерию F выявляет наличие вариантов, существенно отличающихся от остальных ($F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$) и нулевая гипотеза о равенстве средних арифметических изучаемых совокупностей отвергается, определяют, к каким вариантам относятся существенные различия. При $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$ нулевую гипотезу не отвергают и оценку частных различий не проводят, поскольку все разности между любыми парами находятся в пределах ошибки.

1. Оценка значимости разности между средними по наименьшей существенной разности (НСР). Если в опыте l вариантов, то определяют $\frac{l(l-1)}{2}$ разностей между средними, среди которых могут быть

существенные и несущественные разности. Критерий НСР = $t_{05} \cdot s_d$ указывает предельную ошибку для разности двух выборочных средних. Если фактическая разность больше НСР₀₅ ($d \geq \text{НСР}_{05}$), то она значима, существенна, при $d < \text{НСР}_{05}$ – несущественна. Для определения НСР необходимо по данным дисперсионного анализа вычислить обобщенную ошибку средней $s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$ и ошибку разности средних $s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n}}$.

Чаще всего проводят попарные сравнения средних по вариантам и вычисляют ошибку разности средних по приведенной выше формуле. В случае отсутствия в опыте контрольного варианта средние показатели по вариантам сравнивают со средним в опыте по формуле

$$s_d = \sqrt{s^2 \frac{(l-1)}{l \cdot n}} = s_{\bar{x}} \sqrt{\frac{l-1}{l}}$$

Если сравнивают группы неодинакового размера (неравномерные комплексы) с неравноточными средними, то ошибку вычисляют по формуле

$$s_d = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} = \sqrt{s^2 \frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}},$$

где s^2 – остаточный средний квадрат, который берется из таблицы дисперсионного анализа; n_1 и n_2 – число повторностей в сравниваемых группах.

При $n_1 = n_2$ формула примет следующий вид:

$$s_d = \sqrt{s^2 \frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}} = \sqrt{s^2 \frac{2n}{n^2}} = \sqrt{\frac{2s^2}{n}}$$

Подставляя в формулу НСР значение t , получим:

$$\text{НСР}_{05} = t_{05} \cdot s_d; \quad \text{НСР}_{05} \% = \frac{t_{05} \cdot s_d}{\bar{x}} \cdot 100;$$

$$\text{НСР}_{01} = t_{01} \cdot s_d; \quad \text{НСР}_{01} \% = \frac{t_{01} \cdot s_d}{\bar{x}} \cdot 100;$$

$$\text{НСР}_{001} = t_{001} \cdot s_d; \quad \text{НСР}_{001} \% = \frac{t_{001} \cdot s_d}{\bar{x}} \cdot 100.$$

Значения t -критерия для принятого уровня значимости и числа степеней свободы остаточной дисперсии берут из таблицы (см. приложение 4).

2. Оценка значимости разностей между средними по величине утроенной ошибки средней, то есть $3s_{\bar{x}}$ или $3E$. Обобщенная ошибка средней

\bar{x} определяется на основе остаточного среднего квадрата $s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$.

Утроенная величина этой ошибки и принимается за критерий существенности. При $d > 3s_{\bar{x}}$ фактические разности существенны на 5%-ном уровне значимости, а при $d < 3s_{\bar{x}}$ – несущественны. Эту оценку применяют при четырехкратной повторности и большом числе вариантов (например, при сортоиспытании, когда $\nu \geq 16$).

Как возникает критерий $3s_{\bar{x}}$ или $3E$? Дисперсионный анализ дает обобщенную, одинаковую для всех средних ошибку $s_{\bar{x}} = s_{\bar{x}_1} = s_{\bar{x}_2} = \dots = s_{\bar{x}_n}$ и единую ошибку разности средних $s_d = \sqrt{s_{\bar{x}_1}^2 + s_{\bar{x}_2}^2} = \sqrt{2s_{\bar{x}}^2} = 1,414s_{\bar{x}}$.

При числе степеней свободы для остатка $\nu \geq 16$, когда $t_{05} = 2,12$, наименьшая существенная разность при 5%-ном уровне значимости равна: $\text{НСР}_{05} = t_{05} \cdot s_d = 2,12 \cdot 1,414s_{\bar{x}} = 2,99s_{\bar{x}}$, или $3s_{\bar{x}}$.

Утроенная ошибка – это НСР₀₅ для опытов с $\nu \geq 16$. При меньшем числе степеней свободы рекомендуется пользоваться следующими коэффициентами при $s_{\bar{x}}$ (табл. 19).

19. Коэффициенты при $s_{\bar{x}}$ для получения критерия существенности при 5%-ном уровне значимости (по Перегудову)

Остаточное число степеней свободы	2	3	4	5	6–7	8–9	10–12	13–15	16 и более
Коэффициент при $s_{\bar{x}}$	6,08	4,50	3,93	3,64	3,40	3,23	3,11	3,04	3,00

3. Оценка существенности разности по D -критерию Тьюки. Исследователь Д. Тьюки предложил метод сравнения выборочных разностей с величиной $D = Q \cdot s_{\bar{x}}$. Эту величину получают умножением ошибки средней на множитель Q , который определяется по таблице в зависимости

от числа вариантов и числа степеней свободы для остаточной дисперсии. Ошибку средней $s_{\bar{x}}$ определяют так же, как отмечалось выше. Если фактическая разность между средними по вариантам равна или больше $D(d \geq D)$, то различие считается существенным при 5%-ном уровне значимости; при $d < D$ различие между сравниваемыми средними не существенно.

Для опытов с двумя вариантами $Q = t_{05} \sqrt{2}$, то есть $D = t_{05} \cdot s_{\bar{x}} \sqrt{2} = НСР_{05}$. Если в опыте более двух вариантов, то $D > НСР_{05}$. Для опытов с 6–15 вариантами при четырех-шестикратной повторности значения D -критерия в 1,5–1,8 раза больше $НСР_{05}$. Критерий D гораздо чувствительнее $НСР_{05}$ и $3s_{\bar{x}}$, так как он базируется на числе степеней свободы и учитывает число вариантов в опыте.

4. Оценка существенности частных различий по F -критерию. О существенности частных различий между средними судят по F -критерию, который определяется для каждой сравниваемой пары средних:

$$F = \frac{d^2}{s^2} \cdot \frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2},$$

где d – разность между средними; s^2 – дисперсия остатка (ошибки); n_1, n_2 – число повторений в сравниваемых группах.

При $n_1 = n_2$ формула приобретает вид $F = \frac{d^2 \cdot n}{2s^2}$.

Фактическое значение F сравнивают с теоретическим при числе степеней свободы $\nu_1 = 1$ и $\nu_2 =$ числу степеней свободы остатка. При $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$ разность существенна, а при $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$ несущественна и $H_0: d = 0$ не отвергается.

На практике при использовании дисперсионного анализа при обработке экспериментальных данных существенные различия между средними чаще всего определяют по $НСР_{05}$.

Для ориентировочных расчетов используется упрощенный критерий $3s_{\bar{x}}$ или $3E$. При более строгой оценке, а также когда в опыте много вариантов и мало повторностей, лучше применять D -критерий Тьюки. Вычисление существенных разностей при $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$ не проводят, если в опыте только два варианта. В этом случае критерий F дает достаточную информацию для выводов.

ЗАДАНИЕ 1. Провести дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта по изучению эффективности биологических средств защиты на посевах капусты.

Пример. Обработать данные полевого опыта по изучению эффективности буро-желтой трихограммы в борьбе с капустной совкой на посевах поздней капусты. Данные представлены в таблице 20. Необходимо проверить нулевую гипотезу (H_0): между средними по вариантам нет существенных различий, то есть $x_1 = x_2 = x_i$; или $x_1 - x_2 = d = 0$; $H_0: d = 0$.

20. Зараженность яиц капустной совки трихограммой, %

Выпущено особей трихограммы, тыс/га	Зараженность яиц по повторениям			
	I	II	III	IV
20	67	73	72	60
50	97	94	97	96
Контроль	5	3	2	6

Для этого необходимо:

1. Определить сумму наблюдений по вариантам.
2. Определить общую сумму всех наблюдений.
3. Определить число всех наблюдений по опыту.
4. Определить поправку или корректирующий фактор, если используется условная средняя (A) или вычисление суммы квадратов отклонений проводится без преобразования данных.
5. Определить суммы квадратов отклонений: общую, по вариантам, случайного варьирования.
6. Составить таблицу дисперсионного анализа результатов опыта.
7. Вычислить дисперсию по вариантам, случайного варьирования, критерий $F_{\text{факт}}$ и сопоставить его с теоретическим ($F_{\text{теор}}$), установить, имеются ли существенные различия между вариантами опыта.
8. Вычислить ошибку опыта и ошибку разности средних.
9. Определить наименьшую существенную разность, составить таблицу результатов дисперсионного анализа и установить существенность разности средних по вариантам опыта.
10. Сделать выводы на основании результатов дисперсионного анализа.

Решение. Различия показателей зараженности яиц капустной совки трихограммой обусловлены нормой выпуска яйцееда на 1 га и причинами случайного характера. Это позволяет общее варьирование C_y расчленить на три составные части: варьирование вариантов – C_v , варьирование повторений – C_p и случайное, или остаточное, варьирование – C_z , то есть $C_y = C_v + C_p + C_z$.

Статистический анализ данных опыта осуществляется в следующем порядке. Составляется рабочая таблица зараженности яиц капустной совки трихограммой, располагаются исходные данные по столбцам, определяются суммы и средние по вариантам, общая сумма и среднее значение результативного признака по опыту (табл. 21).

21. Зараженность яиц капустной совки трихограммой в зависимости от нормы выпуска яйцееда, %

Вариант опыта (норма выпуска, тыс/га)	Зараженность яиц трихограммой по повторениям				Сумма зараженности трихограммой по вариантам (ΣV)	Средняя зараженность (\bar{x})
	I	II	III	IV		
20	67	73	72	60	272	68
50	97	94	97	98	386	96,5
Контроль (без выпуска)	5	3	2	2	12	3
Σp	169	170	171	160	$\Sigma x = 670\bar{x}_0 = 55,8$	

Суммы квадратов отклонений вычисляются по формулам (табл. 22).

22. Формулы для вычисления сумм квадратов отклонений, дисперсий и критерия $F_{\text{факт}}$

Дисперсия	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия) s^2	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор}}$	
					05	01
Общая C_y	$\Sigma x_1^2 - C$	$N - 1$				
Повторностей C_p	$\Sigma p^2 : l - C$	$n - 1$				По таблице приложений
Вариантов C_v	$\Sigma V^2 : n - C$	$l - 1$	$\frac{C_v}{l - 1}$	$\frac{s_y^2}{s_z^2}$		
Остаток C_z находится по разности	$C_y - C_p - C_v$	$(l - 1)(n - 1)$	$\frac{C_z}{(l - 1)(n - 1)}$			

$C = (\Sigma x_1)^2 : N$ или $C = \bar{x} \cdot \Sigma x$ – корректирующий фактор, поправка.

Определяется фактическое значение критерия $F_{\text{факт}}$.

Определяем ошибку опыта и существенность частных различий.

Обработка данных производится в следующем порядке:

1. В таблице 21, где приведена зараженность яиц капустной совки трихограммой, подсчитываются суммы по вариантам ΣV , суммы по повторениям Σp и общая Σx . Правильность подсчетов проверяют по равенству $\Sigma p = \Sigma x = \Sigma V = 670$. Потом вычисляют среднюю зараженность яиц капустной совки трихограммой по каждому варианту (\bar{x}) и в целом

по опыту (\bar{x}_0) по формулам: $\bar{x}_v = \frac{\Sigma V}{n}$ и $\bar{x}_0 = \frac{\Sigma \bar{x}}{n \cdot l}$, где n – число повторений; l – число вариантов.

2. Для вычисления сумм квадратов определяются отклонения зараженности яиц трихограммой от x или произвольного начала. За произвольное начало (A) берется число, близкое по своему значению к средней зараженности яиц трихограммой в опыте (\bar{x}_0), или сама величина \bar{x}_0 . Расчеты производятся по соотношению $x_1 = x - A$ или $x_1 = x - \bar{x}_0$.

3. Для определения показателей различных видов варьирования составляется таблица отклонений зараженности яиц капустной совки трихограммой от произвольного начала (табл. 23).

23. Отклонение зараженности яиц капустной совки трихограммой от произвольного начала

Вариант опыта (норма выпуска, тыс/га)	Отклонения по повторениям, $x_1 = x - A = x - 50$				Сумма по вариантам (ΣV)
	I	II	III	IV	
20	+17	+23	+22	+10	+72
50	+47	+44	+47	+48	+186
Контроль (без выпуска)	-45	-47	-48	-48	-188
Суммы по повторениям (Σp)	+19	+20	+21	+10	$\Sigma x = +70$

Вычисляют суммы отклонений для повторений (Σp) и вариантов (ΣV). Правильность расчетов проверяют по равенству $\Sigma x_1 = \Sigma V = \Sigma p$.

Вычисление сумм квадратов отклонений проводят в определенной последовательности:

1. Общее число наблюдений $N = \Sigma n$ или $N = l \cdot n$.
2. Корректирующий фактор $C = (\Sigma x_1)^2 : N$.
3. Общая сумма квадратов отклонений $C_y = \Sigma x_1^2 - C$.
4. Сумма квадратов для повторений $C_p = \Sigma p^2 : l - C$.
5. Сумма квадратов для вариантов $C_v = \Sigma V^2 : n - C$.
6. Остаточная сумма квадратов, соответствующая случайному варьированию, находится по разности $C_z = C_y - C_p - C_v$.

После вычисления сумм квадратов отклонений заполняется таблица результатов дисперсионного анализа (табл. 24).

Теоретические значения F находят по таблице (см. приложение 5), исходя из числа степеней свободы для дисперсии вариантов (числитель) и числа степеней свободы для дисперсии остатка (знаменатель). При $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$ в опыте есть существенные различия по вариантам при 5%-ном уровне значимости и $H_0 : d = 0$ отвергается.

24. Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	F _{факт}	F _{теор}	
					05	01

Общая (C_y)
Повторений (C_p)
Вариантов (C_v)
Остаток (C_z)

Для оценки существенности частных различий вычисляются следующие величины:

$$1. \text{Обобщенная ошибка опыта } s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

$$2. \text{Ошибка разности средних } s_d = \sqrt{2 \frac{s^2}{n}}$$

3. Наименьшая существенная разность для 5%-ного уровня значимости в абсолютных и относительных показателях $HCP_{05} = t_{05} \cdot s_d$;

$$HCP_{05} \% = \frac{t_{05} \cdot s_d}{\bar{x}} \cdot 100.$$

Значение критерия t_{05} берется из таблицы для числа степеней свободы дисперсии остатка (ошибки).

Результаты статистической обработки данных о зараженности яиц капустной совки трихограммой при различных нормах выпуска оформляются в форме таблицы (табл. 25).

25. Эффективность трихограммы в борьбе с капустной совкой на посевах капусты

Вариант опыта (норма выпуска, тыс/га)	Средняя зараженность трихограммой, %	Отклонение (d)		Группа
		абсолютное	%	

20	68			
50	96,5			
Контроль (без обработки)	3,0			

HCP₀₅

На основании результатов статистической обработки данных однофакторного полевого опыта сделать письменные выводы об эффективности различных норм выпуска трихограммы в борьбе с капустной совкой.

Вариант 1. Обработать методом дисперсионного анализа данные полевого опыта по изучению эффективности бурой трихограммы в борьбе с капустной совкой на поздней капусте.

Вариант (норма выпуска, тыс/га)	Зараженность яиц капустной совки бурой трихограммой (%) по повторениям			
	I	II	III	IV
10	65	49	53	60
30	69	79	85	88
50	97	94	97	96
Контроль (без выпуска)	5	3	2	2

Вариант 2. Обработать методом дисперсионного анализа данные полевого опыта по изучению эффективности дендробациллина в борьбе с капустной белянкой.

Вариант опыта	Гибель вредителей на 10-й день учета (%) по повторениям			
	I	II	III	IV
Дендробациллин, кг/га:				
0,8	80	75	78	82
1,0	98	95	97	99
Контроль (без обработки)	5	7	4	3

Вариант 3. Обработать методом дисперсионного анализа данные полевого опыта по изучению эффективности дендробациллина в смеси с инсектицидными добавками в борьбе с яблонной молью.

Вариант опыта	Смертность гусениц (%) по повторениям			
	I	II	III	IV
Дендробациллин, 1,5 кг/га	90	91	89	92
То же + хлорофос, 0,1 кг/га	100	100	100	98
Хлорофос, кг/га:				
2,0	85	93	96	87
0,1	14	16	13	17
Контроль (без обработки)	12	10	11	15

Вариант 4. Обработать методом дисперсионного анализа данные полевого опыта по изучению эффективности желтой трихограммы в борьбе с грушевой плодояркой.

Вариант опыта (норма выпуска 150 тыс/га)	Общая поврежденность плодов (%) по повторениям			
	I	II	III	IV
1 выпуск	28	21	27	28
2 выпуска	39	34	35	35
3 выпуска	68	68	63	66
Контроль (без выпуска)	2	6	3	5

Вариант 5. Обработать методом дисперсионного анализа данные полевого опыта по изучению эффективности инсектицидов при малообъемном опрыскивании в борьбе с обыкновенным свекловичным долгоносиком.

Вариант опыта	Смертность жуков на 5-й день учета (%) по повторениям			
	I	II	III	IV
Фталофос, 4,5 л/га	94	96	98	97
Базудин, 2 л/га	91	89	98	96
Контроль (без обработки)	3	1	1	3

Вариант 6. Обработать методом дисперсионного анализа данные по изучению эффективности малообъемного опрыскивания инсектицидами в борьбе с серым свекловичным долгоносиком.

Вариант опыта	Смертность жуков (%) по повторениям			
	I	II	III	IV
Фталофос, 5,0 л/га	37	67	100	68
Дилор, 1,5 кг/га	95	98	93	97
Контроль (без обработки)	3	3	10	10

Вариант 7. Провести дисперсионный анализ данных эффективности различных норм выпуска хищного клеща фитосейулюса в борьбе с обыкновенным паутинным клещом на огурцах в теплицах.

Вариант опыта (норма выпуска, особей/м ²)	Процент заселенных паутинным клещом растений по повторениям							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
60	2,0	2,15	2,56	2,70	2,40	2,25	2,35	1,99
70	1,5	1,15	2,65	2,0	1,65	1,84	2,10	1,11
80	1,95	1,99	2,30	2,55	2,0	1,84	1,99	2,18
100	0,25	0,30	0,50	0,45	0,28	0,36	0,42	0,40

Вариант 8. Обработать методом дисперсионного анализа данные полевого опыта по изучению эффективности нитрана в борьбе с однолетними сорняками на капусте.

Вариант опыта (норма расхода препарата, л/га)	Гибель сорняков (%) по повторениям			
	I	II	III	IV
4,0	87	84	85	87
6,0	89	87	88	89
8,0	96	97	98	95
Контроль (двукратная ручная прополка)	2,0	3,0	1,5	4,0

Вариант 9. Обработать методом дисперсионного анализа данные эффективности пестицидов в борьбе с зимующими стадиями клещей на яблоне.

Вариант опыта	Концентрация рабочей жидкости по препарату, %	Гибель яиц (%) по повторениям					
		I	II	III	IV	V	VI
Нитрафен	2,0	90,5	91,6	91,8	90,9	92,0	90,4
ДНОК	2,0	99,7	100,0	100,0	99,8	99,9	100,0
Препарат № 30	4,0	72,5	75,8	78,3	80,6	83,5	86,9
Трихлороль-5	2,0	99,7	99,6	99,8	99,7	99,6	99,3
Олеокуприт	4,0	70,5	72,6	61,4	65,0	69,5	70,2

Вариант 10. Обработать методом дисперсионного анализа данные полевого опыта по изучению плодовитости красного плодового клеща на различных сортах яблони.

Сорт	Среднее количество яиц на 1 самку (%) по повторениям									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Антоновка обыкновенная	34,5	37,6	40,5	39,8	45,2	50,3	25,6	38,1	30,1	53,3
Боровинка	29,3	28,0	35,6	44,2	39,8	35,5	46,2	40,0	30,5	37,7
Грушовка московская	26,8	23,7	32,0	39,4	42,6	36,5	30,4	40,2	34,5	40,9

Вариант 11. Обработать методом дисперсионного анализа данные об эффективности гербицидов и их баковых смесей на посевах хлопчатника.

Вариант опыта	Гибель сорняков в посевах хлопчатника перед культивациями (%) по повторениям			
	I	II	III	IV
Которан, 1,6 кг/га	76	76	71	70
Трефлан, 4,0 л/га	75	76	87	84
Котофор, 2,5 кг/га	88	89	87	84
Трефлан, 2,0 л/га + + которан, 0,6 кг/га	79	91	94	92
Контроль (без гербицидов)	3,0	2,8	3,5	4,0

Вариант 12. Обработать методом дисперсионного анализа данные об эффективности вирина-ЭНШ и фозалона в борьбе с непарным шелкопрядом.

Препарат	Норма расхода, %	Гибель гусениц на 15-й день после обработки (%) по повторениям			
		I	II	III	IV
Вирин-ЭНШ	0,3	97,3	98,6	98,5	99,3
Фозалон, 35 %-ный к.э.	4,0	95,6	93,4	98,3	93,0
Контроль (без обработки)	—	5,4	2,9	3,5	6,7

Вариант 13. Осуществить дисперсионный анализ данных о заселенности различных сортов яблони красным плодовым клещом.

Сорт	Число клещей в среднем на лист по повторениям				
	I	II	III	IV	V
Папировка	0,7	0,1	0,6	0,1	0,4
Боровинка	0,6	0,5	1,0	1,0	0,8
Антоновка обыкновенная	0,7	1,2	2,0	0,8	0,9
Пеппин Литовский	3,5	3,0	0,8	2,2	2,5
Джонатан	3,6	2,2	2,6	2,5	2,7

Вариант 14. Обработать методом дисперсионного анализа данные полевого опыта по изучению эффективности гербицидов в борьбе с двудольными сорняками на посевах сахарной свеклы.

Вариант опыта (норма расхода, кг/га или л/га)	Число сорняков (шт/м ²) перед уборкой по повторениям			
	I	II	III	IV
Пирамин, 5,0	23	24	21	23
Вензар, 2,0	15	16	13	15
Эптам 7Е, 6,0	20	22	20	19
Ронит, 5,3	16	14	15	16
Бетанал, 6,0	27	25	26	28
Контроль (двукратная ручная прополка)	27,8	29	30	27

Вариант 15. Обработать методом дисперсионного анализа данные по эффективности внесения 1,6 %-ного фосфамида в форме гранул (на суперфосфате) в борьбе с капустной молью. Опыт поставлен способом организованных повторений.

Вариант опыта	Биологическая эффективность по повторениям, %									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Сплошное внесение	97,4	96,8	98,6	97,2	97,5	97,0	98,3	94,8	98,5	98,9
Краевое внесение:										
до 60 м	95,0	94,5	96,8	95,1	95,5	93,1	94,8	97,6	95,0	97,06
до 30 м	91,0	90,5	92,4	91,6	90,1	88,5	94,5	91,3	92,0	90,3

Занятие 12

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МНОГОФАКТОРНЫХ ОПЫТОВ

Цель занятия. Освоение дисперсионного анализа и приобретение навыка по использованию этого метода в защите растений.

Методические указания. В многофакторном опыте изучается действие и взаимодействие нескольких факторов на изменчивость резуль- тативного признака, поэтому каждому фактору задают несколько градаций. Это позволяет изучать действие каждого из них при нескольких градациях других факторов.

Эффект взаимодействия факторов составляет ту часть общей изменчивости, которая вызвана различным действием одного фактора при разных градациях другого. В полевом опыте часто эффект от совместного применения изучаемых факторов может быть выше (синергизм) или ниже (антагонизм) суммы эффектов от раздельного применения каждого из них. В первом случае имеет место положительное, во втором — отрицательное взаимодействие факторов. Если же факторы не взаимодействуют, то эффект от совместного применения равен сумме эффектов от раздельного их применения (аддитивизм).

При дисперсионном анализе данных многофакторного опыта используются те же принципы и расчеты дисперсий, что и при однофакторном. Однако при этом несколько усложняется математическая модель анализа.

При обработке данных двухфакторного опыта сумма квадратов расчленяется на следующие компоненты: $C_y = (C_A + C_B + C_{AB}) + C_p + C_z$; для трехфакторного опыта общая сумма квадратов (математическая модель анализа данных) будет еще сложнее: $C_y = (C_A + C_B + C_C + C_{AB} + C_{AC} + C_{ABC}) + C_p + C_z$. В скобках указаны суммы квадратов для изучаемых факторов A и B , а для трехфакторного опыта — A , B , C и их взаимодействия. Соответственно с указанными компонентами расчленяется и общее число степеней свободы. Для двухфакторного опыта оно будет $\nu = N - 1 = \nu_p + \nu_A + \nu_B + \nu_{AB} + \nu_z$.

Порядок обработки данных двухфакторного опыта следующий:

1. Составляется таблица исходных данных, в которой определяют суммы и средние.

2. Определяются общее число наблюдений (N), корректирующий фактор (C), суммы квадратов отклонений: общая (C_y), по повторениям (C_p), по вариантам (C_v) и остаточная (C_z). Суммы квадратов отклонений вычисляют так же и по тем же формулам, как и при анализе результатов однофакторного полевого опыта. Только при вычислении общего числа наблюдений следует учитывать число градаций всех факторов и число повторений: $N = l_A \cdot l_B \cdot n$, где l_A — число градаций фактора A ; l_B — число градаций фактора B ; n — число повторений.

3. В отличие от однофакторного дисперсионного анализа для определения сумм квадратов отклонений для факторов A и B и их взаимодействия AB составляется специальная таблица, в которой градации фактора A указываются в левом крайнем столбце, а фактора B — в заглавной горизонтальной строке. В этой таблице вычисляются суммы по факторам A и B и суммы квадратов по соответствующим формулам:

$$C_A = \sum A^2 : l_B \cdot n - C \text{ при } \nu_A = l_A - 1;$$

$$C_B = \sum B^2 : l_A \cdot n - C \text{ при } \nu_B = l_B - 1;$$

$$C_{AB} = C_v - C_A - C_B \text{ при } \nu_{AB} = (l_A - 1)(l_B - 1).$$

4. Составляется таблица дисперсионного анализа, в которой указываются вычисленные суммы квадратов, степени свободы для факторов A , B и взаимодействия AB , вычисляются средний квадрат и критерий $F_{\text{факт}}$, который сравнивают с $F_{\text{теор}}$, взятым из таблицы. Для отыскания $F_{\text{теор}}$ в таблице для числителя берут число степеней свободы для вариантов, в качестве знаменателя используют степени свободы для остатка. Если $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$, то эффект фактора (или взаимодействия) существен для 5%-ного или 1%-ного уровня значимости. Можно определять

также долю влияния фактора в общей дисперсии признака $\eta^2 = \frac{C_v}{C_y} \times 100\%$.

5. Определяются ошибка выборочной средней и ошибка разности средних для оценки существенности частных различий, как это осуществляется при дисперсионном анализе данных однофакторного полевого опыта.

6. В итоге проводят оценку существенности главных эффектов и взаимодействия по НСР. При этом частные средние опираются на количество повторений, а средние для главного эффекта A — на $n \cdot l_B$, а для B и взаимодействия AB — на $l_A \cdot n$ наблюдений. Вычисляют ошибку разности средних и НСР для главных эффектов. Для фактора A — $s_d =$

$$= \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot l_B}} \text{ и НСР}_{05} = t_{05} \cdot s_d, \text{ для фактора } B \text{ и взаимодействия } AB - s_d =$$

$$= \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot l_A}} \text{ и НСР}_{05} = t_{05} \cdot s_d.$$

7. В результате составляют итоговую таблицу, в которой приводятся данные по факторам и средние по каждой градации фактора, и сравнивают их между собой по НСР. Составляют также график действия и взаимодействия изучаемых факторов.

Положительные стороны дисперсионного анализа заключаются в следующем:

1) вместо индивидуальных ошибок средних по каждому варианту, которые опираются на небольшое число наблюдений (равное числу повторений n), используется обобщенная ошибка средних, которая опирается на большее число наблюдений, а потому считается более надежной при оценке различий между вариантами;

2) при помощи дисперсионного анализа можно обрабатывать данные простых и сложных, однолетних и многолетних, однофакторных и многофакторных опытов;

3) устраняются громоздкие вычисления при большом числе вариантов в опыте.

Преобразование данных. Обработка экспериментальных данных с помощью дисперсионного анализа предполагает соблюдение двух требований: однородности дисперсий по вариантам опыта (выборкам) и нормального (или близкого к нему) распределения результативного признака, значения которых получают независимо друг от друга (независимые выборки). Достигается независимость рендомизированным размещением вариантов, случайным отбором проб в выборку при учетах и наблюдениях.

При значительном варьировании признака по вариантам исходные данные можно преобразовывать (трансформировать). Это позволяет уменьшить пределы изменчивости, неоднородность дисперсий по выборкам (вариантам), точнее провести сравнение результатов. Используются следующие виды преобразований:

преобразование (трансформация) данных о численности вредителей, сорняков на учетных площадках путем извлечения квадратного

корня из $x(\sqrt{x})$ или $\sqrt{x+1}$, если некоторые наблюдения дают нулевые или очень небольшие значения;

преобразование x в "угол-арксинус $\sqrt{\text{процент}}$ ". Этот прием используется в том случае, когда данные выражаются в процентах (поврежденность и пораженность растений вредителями, болезнями, зараженность энтомофагами и т. д.);

если изучается сила действия поражающих факторов на биологические объекты (лучистая энергия, инсектициды, микробиологические препараты и т. д.), то экспериментальные данные преобразуются в пробиты и эквивалентные углы.

Преобразование относительных величин (%) можно не проводить, если все значения находятся в пределах между 15 и 85. При наличии значений, близких к 0 и 100, преобразование данных необходимо.

Преобразованные значения обрабатывают методом дисперсионного анализа и после оценки частных различий переходят обратно к первоначальным единицам измерения.

ЗАДАНИЕ. В соответствии с вариантом провести дисперсионный анализ двухфакторного полевого опыта в такой последовательности:

1. Составить таблицу исходных данных, на основе которых определить суммы по повторениям (C_p), по вариантам (C_v), средние по вариантам \bar{x}_v (табл. 26).

26. Влияние орошения и фосфорно-калийных удобрений на пораженность кукурузы пузырчатой головней

Орошение (фактор A)	Фосфорно-калийное удобрение (фактор B)	Развитие болезни по повторениям, %				Суммы (ΣV)	Средние (\bar{x}_v)
		I	II	III	IV		
Без орошения	Не вносили	52	56	44	48		
	P ₄₅ K ₃₀	42	40	40	46		
	P ₃₀ K ₆₀	28	36	32	34		
Умеренный полив (60 % от ПВ)	Не вносили	32	39	27	32		
	P ₄₅ K ₃₀	12	8	9	6		
	P ₉₀ K ₆₀	8	10	4	2		
Обильный полив (80 % от ПВ)	Не вносили	36	32	29	41		
	P ₄₅ K ₃₀	32	28	22	26		
	P ₉₀ K ₆₀	26	20	20	22		

Σp

2. Определить общее число наблюдений $N = l_A \cdot l_B \cdot n$, где l_A и l_B – число градаций (вариантов) по факторам A и B (соответственно); n – число повторений.

3. Определить корректирующий фактор, поправку C.

4. Вычислить общую сумму квадратов отклонений C_y .

5. Вычислить сумму квадратов по вариантам (C_v) и для остатка C_z .

6. Составить таблицу для вычисления главных эффектов по факторам A, B и их взаимодействию.

7. Определить сумму квадратов отклонений для фактора A (C_A), фактора B (C_B) и их взаимодействия AB (C_{AB}).

8. Составить таблицу результатов дисперсионного анализа. Определить дисперсии по факторам A, B, их взаимодействию и для случайного варьирования.

9. Определить фактические критерии $F_{\text{факт}}$ по факторам A, B и их взаимодействию и сопоставить их с теоретическими, определить наличие существенных различий между вариантами опыта.

10. Определить ошибку разности средних НСР₀₅ и НСР₀₁.

11. Составить таблицу результатов дисперсионного анализа, вычислить существенность разности средних по вариантам.

12. Начертить график действия и взаимодействия факторов.

13. Сделать выводы.

Пример. Провести дисперсионный анализ данных о действии различных норм орошения и различных доз фосфорно-калийных удобрений на пораженность кукурузы пузырчатой головней (табл. 26).

В двухфакторном опыте 3×3 , поставленном в четырехкратной повторности, изучалось влияние различных норм орошения и фосфорно-калийных удобрений на развитие пузырчатой головни кукурузы.

Решение. Дисперсионный анализ двухфакторного опыта с тремя градациями фактора A – норм орошения $l_A = 3$ и тремя градациями фактора B – норм удобрений $l_B = 3$, поставленного в четырех повторениях, осуществляется поэтапно.

1. Вычисляют суммы и средние (см. табл. 26). Правильность вычисления определяют по соотношению $\Sigma p = \Sigma V = \Sigma x$.

2. Определяют суммы квадратов отклонений:

$$N = l_A \cdot l_B \cdot n;$$

$$C = (\Sigma x)^2 : N; \quad C_y = \Sigma x^2 - C; \quad C_p = \Sigma p^2 : l_A - l_B - C;$$

$$C_v = \Sigma V^2 : n - C; \quad C_z = C_y - C_p - C_v.$$

3. Определяют суммы квадратов отклонений для факторов A и B и их взаимодействия. Для этого составляют вспомогательную таблицу 3×3 , в которую записывают суммы пораженности кукурузы пузырчатой головней по вариантам и вычисляют необходимые для определения главных эффектов суммы по факторам A и B (табл. 27).

$C_A = \Sigma A^2 : l_B \cdot n - C$ при $\nu_A = (l_A - 1) = 3 - 1 = 2$ степени свободы;

$C_B = \Sigma B^2 : l_A \cdot n - C$ при $\nu_B = (l_B - 1) = 3 - 1 = 2$ степени свободы;

$C_{AB} = C_v - C_A - C_B$ при $\nu_{AB} = (l_A - 1)(l_B - 1) = 2 \cdot 2 = 4$ степени свободы.

27. Определение главных эффектов и взаимодействий

Орошение (фактор A)	Дозы удобрений (фактор B)			ΣA
	контроль	P ₄₅ K ₃₀	P ₉₀ K ₆₀	

Без орошения
Умеренный полив
Обильный полив
Суммы B,
Σp

4. Составляют таблицу дисперсионного анализа и определяют значимость изучаемых факторов по F-критерию (табл. 28). Значение F₀₅ и F₀₁ берут из таблицы (см. приложение 5), исходя из степеней свободы для дисперсий главных эффектов A, B и их взаимодействия AB (числитель) и числа степеней свободы для остатка (знаменатель).

28. Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта 3 × 3

Дисперсия	Сумма квадратов отклонений	Степень свободы	Средний квадрат (s ²)	F _{факт}	F _{теор}	
					05	01

Общая C_y
Повторений C_p
Орошения A
Дозы удобрений B
Взаимодействия AB
Остаток (ошибки)

В нашем примере пораженность кукурузы пузырчатой головней в зависимости от нормы орошения и дозы удобрений значима на 5%-ном уровне (F_{факт} > F₀₅).

5. Для оценки частных различий между средними по вариантам определяют обобщенную ошибку выборочной средней $s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$, ошибку

разности средних $s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n}}$ и НСР₀₅ = t₀₅ · s_d.

6. Существенность главных эффектов определяют по НСР₀₅. В нашем примере частные средние опираются на n = 4, а средние для главного эффекта A – на n · l_B = 4 · 3 = 12 и средние для главного эффекта B и взаимодействия AB – на n · l_A = 4 · 3 = 12 наблюдений. Для этого вычисляют s_d и НСР₀₅ для главных эффектов:

$$\text{для фактора A} - s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot l_B}}; \text{НСР}_{05} = t_{05} \cdot s_d;$$

Рис. 14. Влияние различных норм орошения и различных доз фосфорно-калийных удобрений на пораженность кукурузы пузырчатой головней:

1 – без орошения; 2 – умеренный полив; 3 – обильный полив; вертикальной чертой показана НСР₀₅ = 3,25%.

для фактора B и взаимодействия AB – $s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n \cdot l_A}}$; НСР₀₅ = t₀₅ × s_d.

7. Составляют итоговую таблицу (табл. 29) и представляют результаты опыта в виде графика (рис. 14). В таблице 29 приведены три значения НСР₀₅: одно – для оценки существенности частных различий между средними, а два других – для оценки существенности разности средних по фактору A и по фактору B, то есть оценки главных эффектов норм орошения и удобрений.

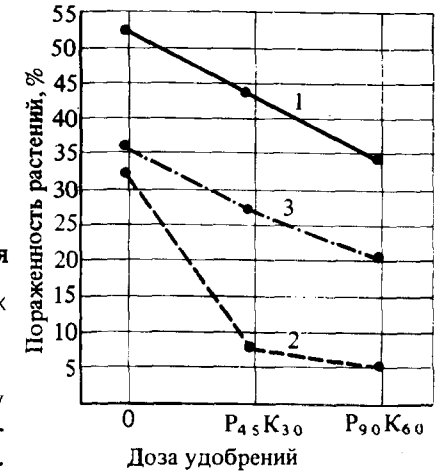
29. Оценка влияния различных норм орошения и фосфорно-калийных удобрений на пораженность кукурузы пузырчатой головней

Орошение	Дозы фосфорно-калийных удобрений			Среднее по фактору A, НСР ₀₅ = 3,25
	контроль	P ₄₅ K ₃₀	P ₉₀ K ₆₀	

Контроль
Умеренный полив
Обильный полив

Среднее по фактору B (НСР₀₅ = 3,25)

НСР₀₅ для сравнения частных средних = 5,25



На основании результатов статистической обработки данных двухфакторного полевого опыта делаются письменные выводы о пораженности кукурузы пузырчатой головней (%) в зависимости от норм орошения и доз удобрений.

Предлагаются варианты задания по проведению дисперсионного анализа результатов двухфакторного полевого опыта.

Вариант 1. Провести дисперсионный анализ данных о действии известкования почвы и различных доз минеральных удобрений на пораженность клубней картофеля паршой обыкновенной.

Доза известки, т/га (А)	Доза минеральных удобрений (В)	Пораженность картофеля (%) по повторениям			
		I	II	III	IV
Не вносили	Не вносили	40	36	32	34
	N ₃₀ P ₆₀ K ₄₅	32	30	33	33
0,5	N ₃₀ P ₁₂₀ K ₉₀	32	26	20	20
	Не вносили	46	48	40	46
0,5	N ₃₀ P ₆₀ K ₄₅	38	32	30	32
	N ₃₀ P ₁₂₀ K ₉₀	18	22	20	24
1,0	Не вносили	58	60	66	64
	N ₃₀ P ₆₀ K ₄₅	36	42	30	32
1,0	N ₃₀ P ₁₂₀ K ₉₀	30	28	29	28

Вариант 2. Провести дисперсионный анализ данных о действии трех градаций известкования почвы и различных доз 0,5 %-ного раствора нитрафена на пораженность картофеля сорта Лорх возбудителем рака.

Доза известки, т/га (А)	Доза 0,5 %-ного нитрафена, л/м ² (В)	Пораженность картофеля (%) по повторениям			
		I	II	III	IV
Не вносили	Не вносили	32	24	28	20
	50	28	22	22	24
	100	19	16	25	20
	200	6	8	10	8
0,5	Не вносили	22	18	16	14
	50	12	12	15	19
	100	8	5	4	3
	200	3	4	3	2
1,0	Не вносили	10	16	12	8
	50	8	4	6	2
	100	4	2	2	4
	200	1	2	2	3

Вариант 3. Провести дисперсионный анализ данных о влиянии резки семенных клубней картофеля и предпосадочной обработки их раствором гиббереллина в смеси с тиомочевинной (2,0 %) различной концентрации на пораженность растений картофеля морщинистой мозаикой.

Вид клубней (А)	Обработка гиббереллином (В)	Пораженность растений (%) по повторениям			
		I	II	III	IV
Целые	Не обрабатывали	74	70	65	63
	0,0001 %-ным	72	72	66	60
	0,0005 %-ным	44	40	44	44
	0,001 %-ным	22	26	28	26
Резаные	Не обрабатывали	82	82	74	70
	0,0001 %-ным	65	60	68	65
	0,0005 %-ным	32	36	30	28
	0,001 %-ным	18	14	10	14

Вариант 4. Провести дисперсионный анализ данных о влиянии органических и минеральных удобрений на устойчивость озимой пшеницы сорта Мироновская 808 к бурой листовой ржавчине.

Доза органических удобрений, т/га (А)	Доза минеральных удобрений (В)	Развитие болезни (%) по повторениям			
		I	II	III	IV
Не вносили	Не вносили	52	44	56	50
	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	46	42	48	42
	N ₆₀ P ₉₀ K ₄₅	39	46	40	33
10	Не вносили	66	60	68	68
	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	48	44	40	44
10	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	24	22	20	26
	Не вносили	72	70	68	64
20	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	48	51	53	52
	N ₆₀ P ₉₀ K ₄₅	36	36	32	34

Вариант 5. Провести дисперсионный анализ данных о влиянии различных норм орошения и доз минеральных удобрений на устойчивость озимой пшеницы сорта Мироновская 808 к корневым гнилям.

Орошение (А)	Доза минеральных удобрений (В)	Пораженность растений (%) по повторениям			
		I	II	III	IV
Без полива	Не вносили	24	20	28	22
	P ₃₀ K ₃₀	26	22	16	18
	P ₆₀ K ₆₀	24	18	14	14
1 влагозарядковый полив	Не вносили	20	16	18	16
	P ₃₀ K ₃₀	16	14	12	14
	P ₆₀ K ₆₀	12	8	10	10
2 влагозарядковых полива	Не вносили	24	26	28	22
	P ₃₀ K ₃₀	14	18	15	19
	P ₆₀ K ₆₀	8	8	4	12

Вариант 6. Провести дисперсионный анализ данных о влиянии трех различных доз известкования почвы и фосфорно-калийных удобрений на устойчивость хлопчатника к вилту.

Доза извести, т/га (А)	Доза минеральных удобрений (В)	Пораженность растений (%) по повторениям			
		I	II	III	IV
Не вносили	Не вносили	42	36	40	42
	P ₄₅ K ₃₀	36	32	30	34
1,0	P ₉₀ K ₆₀	28	22	26	22
	Не вносили	30	34	32	30
1,0	P ₄₅ K ₃₀	24	22	18	22
1,0	P ₉₀ K ₆₀	16	12	12	14
1,5	Не вносили	65	54	59	50
1,5	P ₄₅ K ₃₀	46	42	42	40
1,0	P ₉₀ K ₆₀	24	26	20	24

Вариант 7. Провести дисперсионный анализ данных о влиянии орошения и различных доз минеральных удобрений на пораженность хлопчатника вилтом.

Орошение (А)	Доза минеральных удобрений (В)	Пораженность растений (%) по повторениям			
		I	II	III	IV
Без полива	Не вносили	38	30	36	36
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	36	42	44	44
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	48	46	48	52
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	42	56	52	50
Умеренный полив (60% от ПВ)	Не вносили	30	28	24	22
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30	30	32	32
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	44	40	38	36
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	44	48	54	50

Вариант 8. Провести дисперсионный анализ данных о влиянии различных норм полива и доз минеральных удобрений на устойчивость яблони к мучнистой росе.

Орошение (А)	Доза минеральных удобрений (В)	Пораженность растений (%) по повторениям			
		I	II	III	IV
Без полива	Не вносили	64	60	50	56
	N ₆₀ P ₄₅ K ₃₀	40	42	32	30
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	45	46	49	52

Орошение (А)	Доза минеральных удобрений (В)	Пораженность растений (%) по повторениям			
		I	II	III	IV
1 влагозарядковый полив	Не вносили	48	44	40	42
	N ₆₀ P ₄₅ K ₃₀	32	24	22	28
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	34	28	36	31
2 влагозарядковых полива	Не вносили	46	49	55	54
	N ₆₀ P ₄₅ K ₃₀	30	22	20	22
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	34	32	29	31

Вариант 9. Провести дисперсионный анализ данных о влиянии различных норм орошения и доз минеральных удобрений на устойчивость сахарной свеклы к церкоспорозу.

Орошение (А)	Доза минеральных удобрений (В)	Развитие болезни (%) по повторениям			
		I	II	III	IV
Без полива	Не вносили	18	20	21	25
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	19	16	17	16
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	18	26	24	26
Умеренный полив (60% от ПВ)	Не вносили	20	16	18	16
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	15	17	14	16
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	17	19	21	21
Обильный полив (80% от ПВ)	Не вносили	16	18	12	14
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	12	14	8	10
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	22	24	20	22

Вариант 10. Провести дисперсионный анализ данных о влиянии солнечного освещения на поглощение хлорофоса наземными органами гороха.

Место проведения опыта (А)	Освещенность (В)	Количество хлорофоса (мг/кг) через 1 день по повторениям			
		I	II	III	IV
В природе	Прямой солнечный свет	8,0	7,9	6,9	7,2
	Тень	1,9	2,1	3,0	2,2
В лаборатории	Прямой солнечный свет	11,5	8,9	10,2	10,3
	Тень	3,1	2,9	2,3	2,9

Вариант 11. Провести дисперсионный анализ данных о влиянии концентрации метафоса и сроков обработки на эффективность борьбы с клубеньковыми долгоносиками.

Срок обработки (А)	Концентрация препарата, % (В)	Гибель жуков (%) на 5-й день после обработки по повторениям			
		I	II	III	IV
За 1 день до посадки жуков	0	0,1	0,5	1,0	0,6
	0,1	4,2	5,6	3,8	6,4
	0,2	9,1	8,8	7,4	9,8
	0,4	75,8	80,1	70,5	81,2
	1,0	99,7	98,9	98,8	99,7
За 5 дней до посадки жуков	0	0,8	0,5	0,9	0,7
	0,1	2,5	3,9	2,8	3,7
	0,2	18,7	10,5	12,9	7,9
	0,4	43,1	37,5	31,4	31,3
	1,0	89,3	75,0	65,0	58,0

Вариант 12. Провести дисперсионный анализ данных о влиянии фозалона на активность сахарозы в кишечнике различных насекомых.

Вариант опыта (А)	Вид насекомого (В)	Количество сахара в 100 мг средней кишки (мг%) по повторениям			
		I	II	III	IV
Контроль	Кольчатый шелкопряд	50,0	42,1	54,2	47,7
	Непарный шелкопряд	45,2	37,8	38,9	40,1
	Капустная совка	41,0	32,4	35,9	36,7
0,2 %-ный фозалон	Кольчатый шелкопряд	72,8	68,4	70,0	69,0
	Непарный шелкопряд	50,5	55,8	49,1	49,3
	Капустная совка	68,1	60,0	59,8	63,3

Вариант 13. Провести дисперсионный анализ данных об эффективности биопрепаратов в борьбе с капустной совкой на капусте.

Исследуемый препарат (А)	Норма расхода препарата, кг/га (В)	Гибель гусениц (%) на 15-й день после обработки по повторениям			
		I	II	III	IV
Лепидоцид стабилизирующий, титр не менее	1,0	65,3	63,8	70,4	73,0
	1,5	70,5	68,9	70,9	75,5
100 млрд. спор/г (3000 ЕА/г)	2,0	89,5	95,8	96,3	98,3
Лепидоцид концентрированный, титр не менее	1,0	53,3	57,9	59,8	55,5
	1,5	65,7	68,8	74,6	64,7
100 млрд. спор/г (3000 ЕА/г)	2,0	71,3	72,8	76,6	76,8
Дендробациллин, титр не менее 60 млрд. спор/г (2000 ЕА/г)	1,0	78,5	76,4	73,1	77,6
	1,5	84,7	85,3	83,1	85,9
	2,0	97,8	99,6	96,7	98,8

Вариант 14. Провести дисперсионный анализ данных о влиянии рипкорда на поступление азота в растения сои.

Вариант опыта (А)	Время обработки (В)	Содержание азота в расчете на абсолютно сухое вещество (%) по повторениям			
		I	II	III	IV
Контроль (без инсектицида и удобрения)	Бутонизация	3,70	3,65	3,69	3,70
	Образование завязи	2,42	2,38	2,40	2,45
	Налив зерна	1,35	1,40	1,36	1,30
NPK	Бутонизация	5,90	5,98	5,88	5,80
	Образование завязи	3,98	4,30	4,06	4,10
	Налив зерна	1,63	1,59	1,59	1,60
0,3 кг/га рипкорда	Бутонизация	4,53	4,49	4,53	4,50
	Образование завязи	2,99	3,02	3,08	3,05
	Налив зерна	1,48	1,49	1,51	1,54
0,3 кг/га рипкорда + NPK	Бутонизация	4,30	4,38	4,35	4,32
	Образование завязи	4,01	3,87	3,87	3,86
	Налив зерна	1,86	1,93	1,84	1,83

Вариант 15. Провести дисперсионный анализ данных об эффективности бактериальных препаратов в борьбе с шелкопрядом. Перед обработкой исходные данные требуется преобразовать через "угол-арксинус $\sqrt{\text{процент}}$ ".

Вариант опыта (А)	Концентрация рабочей жидкости, % (В)	Гибель гусениц (%) второго возраста на 10-й день учета по повторениям			
		I	II	III	IV
Лепидоцид	0	6,0	16,0	10,5	11,3
	0,03	41,0	42,5	39,3	38,4
	0,3	65,0	68,3	69,4	70,8
	3,0	98,6	97,3	99,5	97,4
	0	5,8	6,0	10,8	16,0
Битоксибациллин	0,03	35,6	39,8	36,5	37,4
	0,3	59,3	60,8	66,7	69,4
	3,0	80,7	86,7	88,3	83,6
	0	13,5	9,8	6,0	12,6
	0,03	45,3	44,8	47,6	50,7
Дендробациллин	0,3	65,3	66,8	63,7	69,4
	3,0	84,7	79,4	89,7	88,8
	0	6,3	12,9	10,3	10,8
	0,03	49,6	51,8	54,6	48,9
	0,3	69,7	68,9	73,1	70,8
	3,0	85,7	90,8	92,4	84,8

КОРРЕЛЯЦИЯ И РЕГРЕССИЯ

Цель занятия. Изучение основ корреляционного и регрессионного анализов экспериментальных данных и использование их при решении задач в области защиты растений.

Любое исследование можно с методологической точки зрения свести к решению трех основных задач: 1) выявлению количественных и качественных различий между наблюдаемыми явлениями; 2) определению причинно-следственных связей, вызывающих эти различия; 3) направленному использованию этих связей.

Методические указания. Корреляционно-регрессионный анализ применяется для изучения связей и зависимости между наблюдаемыми явлениями. Причинно-следственные связи при математическом анализе могут выражаться в двух формах: функциональной и корреляционной. При функциональной зависимости каждому значению независимой переменной x (аргумент) соответствует только одно значение зависимой переменной y (функция). При корреляционной же зависимости одному значению аргумента соответствуют несколько значений функций.

Для большинства явлений природы, служащих объектами научных исследований, в том числе и в области защиты растений, наиболее характерны корреляционные связи. Формы их очень многообразны. Они могут быть прямыми и обратными, сильными и слабыми, линейными и криволинейными, простыми и множественными.

ПРОСТАЯ ЛИНЕЙНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ

Это наиболее простая форма корреляции. Основной ее показатель — коэффициент корреляции r , определяющий форму и тесноту связи. Коэффициент корреляции — безразмерная величина, изменяемая в пределах $-1 < r < +1$. При $r = 0$ линейная связь отсутствует, при $r = \pm 1$ корреляционная связь превращается в функциональную. Модуль r определяет тесноту связи: $r < 0,3$ — связь слабая; $r = 0,3-0,7$ — связь средняя; $r > 0,7$ — связь сильная. При положительном значении r — связь прямая, при отрицательном — обратная.

Коэффициент корреляции определяется по формуле

$$r = \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x - \bar{x})^2 \Sigma(y - \bar{y})^2}}$$

или

$$r = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y) : n}{\sqrt{[\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 : n][\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 : n]}}$$

Для оценки существенности коэффициента корреляции вычисляют его ошибку (s_r) и критерий существенности (t_r) по формулам:

$$s_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}} \quad \text{и} \quad t_r = \frac{r}{s_r},$$

где r — коэффициент корреляции; n — число парных значений показателей, по которым вычислен r .

Если $t_r \geq t_{\text{теор}}$, то корреляционная связь существенна. Теоретическое значение критерия Стьюдента берут из таблиц при уровнях вероятности 95 и 99% и числе степеней свободы $\nu = n - 2$.

Важным показателем корреляционной связи является также коэффициент детерминации (d_{yx}), показывающий долю (%) изменений функции, которая зависит от воздействующего фактора (аргумента). Коэффициент детерминации определяется по формуле

$$d_{yx} = r^2.$$

Третьим основным показателем корреляционной связи является коэффициент регрессии — b_{yx} , показывающий, в каком направлении и на какую величину в среднем изменяется функция (y) при изменении аргумента (x) на единицу измерения. Коэффициент регрессии измеряется в тех же единицах, что и функция, и имеет тот же знак, что и его коэффициент корреляции. Вычисляется коэффициент регрессии по формулам:

$$b_{yx} = \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\Sigma(x - \bar{x})^2}; \quad b_{yx} = \frac{\Sigma(x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{\Sigma(y - \bar{y})^2}$$

или

$$b_{yx} = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y) : n}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 : n}.$$

Для определения существенности коэффициента регрессии рассчитывают его ошибку — s_b и критерий существенности t_b по формулам:

$$s_{b_{yx}} = s_r \sqrt{\frac{\Sigma(x - \bar{x})^2}{\Sigma(y - \bar{y})^2}}$$

или

$$s_{b_{yx}} = s_r \sqrt{\frac{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 : n}{\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 : n}}; \quad t_b = \frac{b}{s_b}.$$

При этом следует помнить, что $t_b = t_r$ и $b_{xy} \cdot b_{yx} = r^2$. Это может служить для проверки правильности расчетов.

После установления существенности коэффициента регрессии составляют уравнение регрессии, то есть математическую формулу для данной корреляционной связи.

В простой линейной корреляции уравнение имеет вид

$$y = \bar{y} + b_{yx} (x - \bar{x}).$$

С помощью уравнения регрессии корреляционная связь изображается графически в системе координат в виде линии регрессии.

Для построения теоретической линии регрессии в формулу уравнения подставляют значения \bar{y} , \bar{x} , b_{yx} . После этого берут два экстремальных значения x (x_{\min} и x_{\max}) и вычисляют соответствующие им значения y . Строят систему координат в масштабе, соответствующем изменениям значений x и y . В этой системе находят две экстремальные точки ($x_{\min}; y_{\min}$) и ($x_{\max}; y_{\max}$), по которым и строят линию регрессии.

После построения линии регрессии в этой же системе координат наносят в виде точек фактические экспериментальные значения x и y . Если разброс точек идет вокруг теоретической линии, значит, расчет сделан верно и построенный график может быть использован для научных или практических целей.

ЧАСТНАЯ И МНОЖЕСТВЕННАЯ ЛИНЕЙНЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ

При множественной линейной корреляции на величину функции (y) одновременно влияют несколько переменных величин (x, z).

Для определения формы и тесноты связи нескольких факторов применяют частные и множественные коэффициенты корреляции.

Частные коэффициенты корреляции для трех факторов определяют форму и тесноту связи между двумя из них при постоянном значении третьего. Вычисляют их по формулам:

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

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

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

где r_{xy} , r_{xz} и r_{yz} – парные коэффициенты корреляции. В индексе r до точки указываются факторы, зависимость которых изучается, после точки – фактор, значение которого принимается постоянным (то есть действие его исключается).

Для определения существенности частных коэффициентов корреляции определяют их ошибки $s_{r_{xy \cdot z}}$, $s_{r_{xz \cdot y}}$, $s_{r_{yz \cdot x}}$ и критерии существенности t_r :

$$s_{r_{xy \cdot z}} = \sqrt{\frac{1 - r_{xy \cdot z}^2}{n - 2}}; \quad t_r = \frac{r}{s_r}.$$

Для частных коэффициентов корреляции находят соответствующие им коэффициенты детерминации по формулам:

$$d_{xy \cdot z} = r_{xy \cdot z}^2; \quad d_{xz \cdot y} = r_{xz \cdot y}^2; \quad d_{yz \cdot x} = r_{yz \cdot x}^2.$$

Множественные коэффициенты корреляции являются показателями формы и тесноты связи одного фактора с совокупностью других. Они определяются по формулам:

$$R_{x \cdot yz} = \sqrt{\frac{r_{xy}^2 + r_{xz}^2 - 2r_{xy} \cdot r_{xz} \cdot r_{yz}}{1 - r_{yz}^2}};$$

$$R_{y \cdot xz} = \sqrt{\frac{r_{xy}^2 + r_{yz}^2 - 2r_{xy} \cdot r_{yz} \cdot r_{xz}}{1 - r_{xz}^2}};$$

$$R_{z \cdot xy} = \sqrt{\frac{r_{xz}^2 + r_{yz}^2 - 2r_{xz} \cdot r_{yz} \cdot r_{xy}}{1 - r_{xy}^2}}.$$

Множественный коэффициент корреляции может изменяться в пределах от 0 до 1.

Значимость множественного коэффициента корреляции определяется с помощью критерия Фишера по формуле

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \left(\frac{n - k}{k - 1} \right),$$

где n – объем выборки; k – число изучаемых факторов. F_{05} и F_{01} определяются из таблиц при $\nu_1 = k - 1$ и $\nu_2 = n - k$.

Если $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$, связь существенна.

КРИВОЛИНЕЙНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ

При криволинейной корреляции основным показателем тесноты связи является корреляционное отношение – η . Значения корреляционного отношения заключены в пределах $0 < \eta < 1$. При $\eta = 1$ корреляционная связь превращается в функциональную, при $\eta = 0$ связь отсутствует.

Корреляционное отношение вычисляется по формулам:

$$\eta_{xy} = \sqrt{\frac{\Sigma(y - \bar{y})^2 - \Sigma(y - \bar{y}_x)^2}{\Sigma(y - \bar{y})^2}} \quad \text{– для малых выборок и}$$

$$\eta_{xy} = \sqrt{\frac{\Sigma f(\bar{y}_x - \bar{y})^2}{\Sigma f(y - \bar{y})^2}} \quad \text{– для больших выборок,}$$

где $\Sigma(y - \bar{y})^2$ – сумма квадратов отклонений вариантов от их средней – \bar{y} ; $\Sigma(y - \bar{y}_x)^2$ – сумма квадратов отклонений вариантов от частных групповых средних \bar{y}_x .

Существенность корреляционного отношения определяют с помощью его ошибки — s_η и критерия существенности — t_η , находимых по формулам:

$$s_\eta = \sqrt{\frac{1 - \eta^2}{n - 2}}; \quad t_\eta = \frac{\eta}{s_\eta}.$$

КОВАРИАЦИЯ

В исследованиях по защите растений часто приходится сталкиваться с неоднородностью условий опыта и невозможностью контролировать это явление. Неоднородны, к примеру, плотность популяции живых организмов на растениях, густота растительного покрова; на плодовых культурах резко различаются физиологические особенности и плодоношение отдельных деревьев. Эта пестрота природных условий может привести к искажению результатов эксперимента. Избежать этого можно посредством ковариационного анализа, позволяющего определить существенность связи между исходным варьированием изучаемого фактора и конечными результатами опыта. В случае необходимости вносятся соответствующие исправления.

Ковариационный анализ представляет собой сочетание дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов. Он применяется при изучении варьирования двух независимых переменных, из которых одна может оказаться зависимой от другой. Например, биологическая и хозяйственная эффективность мероприятий по защите растений может зависеть от вариации плотности популяции вредителей, густоты растений и других условий опыта. Ковариационный анализ позволяет откорректировать полученные данные в соответствии с тем, какими они должны были бы быть, если бы условия опыта были однородны.

Таким образом, ковариационный анализ в некоторых случаях позволяет математически выравнять условия опыта, неконтролируемые практически.

Суть ковариации — одновременный анализ сумм квадратов и сумм произведений отклонений нескольких переменных от их средних.

Анализ включает три последовательных этапа:

1. Дисперсионный анализ рядов x , y и xy .
2. Разложение суммы квадратов случайного варьирования ряда $y - C_{z(y)}$ (остаток I) на сумму квадратов, связанных с регрессией y по x , обозначаемой C_b , и сумму квадратов случайного варьирования с исключенной регрессией — остаток II, равный $C_{z(y)} - C_b$.
3. Сумма квадратов отклонений, связанных с регрессией y по x , определяется по формуле

$$C_b = \frac{[\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})]^2}{\Sigma(x - \bar{x})^2}$$

или

$$C_b = \frac{C_z^2(xy)}{C_z(x)}.$$

Коэффициент регрессии находят по формуле

$$b_{yx} = \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\Sigma(x - \bar{x})^2}$$

или

$$b_{yx} = \frac{C_z(xy)}{C_z(x)},$$

а существенность отклонения от регрессии — по критерию Фишера. В случае обнаружения существенности влияния регрессии фактические данные (ряд y) корректируются по формуле

$$y_1 = y + b_{yx}(\bar{x} - x).$$

Пример. Провести корреляционный и регрессионный анализы данных плодовитости самок клопа-черепашки с различной массой тела (табл. 30).

30. Расчет вспомогательных величин для вычисления корреляции и регрессии y по x

№ пары	Значение признаков		x^2	y^2	xy
	x (масса самок)	y (плодовитость)			
1					
⋮					
⋮					
20					

$$\Sigma \dots \quad \Sigma x \quad \Sigma y \quad \Sigma x^2 \quad \Sigma y^2 \quad \Sigma xy$$

$$\bar{x} = (\Sigma x) : n;$$

$$\bar{y} = (\Sigma y) : n;$$

$$\Sigma(x - \bar{x})^2 = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 : n;$$

$$\Sigma(y - \bar{y})^2 = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 : n;$$

$$\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y}) = \Sigma xy - (\Sigma x \cdot \Sigma y) : n;$$

n — число парных значений показателей.

Определяются коэффициенты корреляции, регрессии:

$$r = \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x - \bar{x})^2 \cdot \Sigma(y - \bar{y})^2}};$$

$$b_{yx} = \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\Sigma(x - \bar{x})^2}.$$

Уравнение регрессии $y = \bar{y}_1 + b_{yx}(x - \bar{x})$.

Вычисляются ошибка, критерий значимости, доверительные интервалы:

$$s_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}; \quad s_b = s_r \sqrt{\frac{\Sigma(y - \bar{y})^2}{\Sigma(x - \bar{x})^2}}.$$

Ошибка отклонения от регрессии $s_{yx} = s_r \sqrt{\Sigma(y - \bar{y})^2}$; $t_r = \frac{r}{s_r}$;

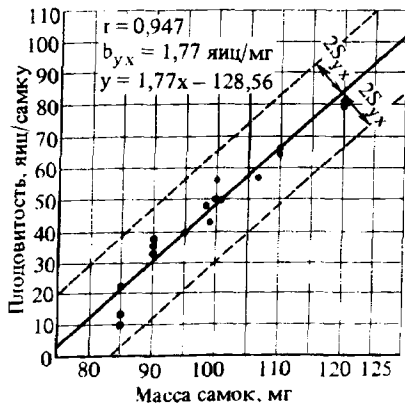
$$r \pm t_{05} \cdot s_r; \quad b_{yx} \pm t_{05} \cdot s_b.$$

Рассчитываются усредненные теоретические значения y (плодовитости) для экстремальных значений x (массы самок). По уравнению регрессии строится теоретическая линия регрессии y по x .

По полученным точкам (x_{\min} , x_{\max} и y_{\min} , y_{\max}) строится график и теоретическая линия регрессии y по x . На графике необходимо указать уравнение регрессии в совокупности. Для ограничения доверительной зоны вверх и вниз от теоретической линии регрессии следует отложить величину одной или двух (68 и 95% зоны) ошибок отклонения от регрессии, то есть $\pm s_{yx}$ или $\pm 2s_{yx}$, и найденные точки соединить пунктирными линиями. Область, заключенная между этими линиями, называется доверительной зоной регрессии (рис. 15).

Полученные фактические данные плодовитости наносят на график.

Если их значения укладываются внутри доверительной зоны, построенная линия регрессии статистически достоверна.



Оценку линейности регрессии можно провести с помощью дисперсий по критерию Фишера. С этой целью общая сумма квадратов ряда y ($C_y = \Sigma(y - \bar{y})^2$) раскладывается на два компонента: сумму квадратов для регрессии C_b и сумму квадратов отклонения от регрессии $C_{b_{xy}}$.

Рис. 15. Точный график и теоретическая линия регрессии при прямой корреляции между массой тела самок клопа-черепашки и их плодовитостью.

Сумму квадратов для регрессии определяют по формуле

$$C_b = \frac{[\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})]^2}{\Sigma(x - \bar{x})^2} = \frac{[\Sigma xy - \frac{\Sigma x \Sigma y}{n}]^2}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 : n}.$$

Сумму квадратов отклонения от регрессии определяют по разности:

$$C_{b_{xy}} = C_y - C_b.$$

Суммы квадратов делят на соответствующие им степени свободы и получают дисперсии, по которым вычисляется критерий $F_{\text{факт}}$ (табл. 31). Если $F_{\text{факт}} \geq F_{05}$, отклонение полученных данных от линейности обусловлено случайным выборочным варьированием и гипотеза об отсутствии линейной связи между x и y отвергается.

31. Дисперсионный анализ плодовитости самок клопа-черепашки

Источник варьирования	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Дисперсия	$F_{\text{факт}}$	F_{05}
-----------------------	-----------------	------------------------	-----------	-------------------	----------

Общее
Регрессии
Отклонения от регрессии

На основании решения делаются выводы о характере и вероятности зависимости плодовитости самок вредной черепашки от массы тела.

ЗАДАНИЕ 1. Провести корреляционно-регрессионный анализ данных в соответствии с заданным вариантом по следующей схеме.

1. По представленным в варианте данным построить таблицу корреляционно-регрессионного анализа по следующему образцу:

№ варианта	x	y	x^2	y^2	xy
Итого	Σx	Σy	Σx^2	Σy^2	Σxy

2. Вычислить коэффициент корреляции r :

$$r = \frac{\Sigma xy - \frac{\Sigma x \Sigma y}{n}}{\sqrt{[\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}] [\Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n}]}}.$$

3. Вычислить ошибку коэффициента корреляции s_r :

$$s_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}.$$

4. Определить существенность коэффициента корреляции по критерию: $t_r: t_r = \frac{r}{s_r}$.

5. Сделать выводы о характере и тесноте связи.

6. Вычислить коэффициент детерминации $d_{xy}: d_{xy} = r^2$.

7. Вычислить коэффициент регрессии $b_{y/x}$:

$$b_{y/x} = \frac{\Sigma xy - \frac{\Sigma x \Sigma y}{n}}{\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}}$$

8. Вычислить ошибку коэффициента регрессии $s_{b_{y/x}}$:

$$s_{b_{y/x}} = s_r \sqrt{\frac{\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 : n}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 : n}}$$

9. Вычислить ошибку отклонения от регрессии:

$$s_{y_x} = s_r \sqrt{\Sigma (y - \bar{y})^2} = s_r \sqrt{\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 : n}$$

10. Определить критерий существенности коэффициента регрессии t_b и проверить $t_r = t_b$:

$$t_b = \frac{b_{y/x}}{s_b}$$

11. Составить уравнение регрессии $y = \bar{y} + b_{y/x} (x - \bar{x})$.

12. Построить кривую регрессии по уравнению.

13. Определить существенность регрессии по отклонению от линии регрессии и по критерию t_b .

14. Сделать выводы по содержанию эксперимента.

Вариант 1. Определить зависимость между массой тела дальневосточной полевки и длительностью ее выживания после обработки бактериоцидом.

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7
Масса тела, г	58	58,5	58	60	60	68	72
Продолжительность выживания, сут	7	4	6	5	7	4	9

Продолжение

№ п/п	8	9	10	11	12	13	14
Масса тела, г	74	88	93	108	116	123	127
Продолжительность выживания, сут	6	4	4	3	6	4	4

Вариант 2. Определить связь между заселенностью саженцев яблони красным плодовым клещом и количеством листьев на растении.

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7
Заселенность, баллы	0	0,2	0,4	0,4	0,5	0,8	1,0
Количество листьев	279	280	250	241	251	235	230

Продолжение

№ п/п	8	9	10	11	12	13	14	15
Заселенность, баллы	1,5	1,8	2,0	3,0	3,5	4,0	4,2	4,8
Количество листьев	210	212	220	210	154	150	141	148

Вариант 3. Определить влияние семенной инфекции яровой пшеницы на всхожесть семян.

№ п/п	1	2	3	4	5
Пораженные растения, %	69,2	66,2	63,6	45,5	38,5
Всхожесть семян, %	32,4	33,3	42,4	39,8	80,9

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10	11
Пораженные растения, %	37,5	23,0	17,6	16,7	8,0	7,9
Всхожесть семян, %	62,9	66,7	85,7	90,5	81,9	78,4

Вариант 4. Определить влияние семенной инфекции яровой пшеницы на массу зерен.

№ п/п	1	2	3	4	5
Пораженные растения, %	66,7	66,2	45,4	38,5	37,5
Масса 1000 зерен, г	14,9	20,5	28,0	25,8	30,1

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Пораженные растения, %	23,0	17,6	16,0	7,7	5,8
Масса 1000 зерен, г	34,7	36,5	37,2	39,3	38,5

Вариант 5. Определить зависимость между урожайностью огурца и нормой выпуска хищной галлицы против тли.

№ п/п	1	2	3	4	5
Норма выпуска на 1 м ² , экз.	50	53	55	60	63
Урожайность в пересчете на 1 м ² , кг	17,0	16,9	17,6	19,0	19,1

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Норма выпуска на 1 м ² , экз.	65	80	95	98	100
Урожайность в пересчете на 1 м ² , кг	24,0	26,1	26,2	26,5	27,2

Вариант 6. Определить зависимость между численностью зеленой яблонной тли и площадью листовой поверхности семян яблони.

№ п/п	1	2	3	4	5
Число особей в среднем на 1 лист	0	0,5	1,5	2,5	3,8
Площадь листовой поверхности, мм ²	100	84,4	80,0	65,4	66,2

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Число особей в среднем на 1 лист	4,2	5,0	8,1	10,5	20,8
Площадь листовой поверхности, мм ²	60,3	57,1	31,5	18,1	15,0

Вариант 7. Определить зависимость пораженности льна фузариозом от продолжительности возделывания его на одном поле.

№ п/п	1	2	3	4	5
Период между повторным посевом льна на том же поле, лет	1	2	2	3	3
Зараженность, %	88	76	70	45	62

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Период между повторным посевом льна на том же поле, лет	4	5	6	6	7
Зараженность, %	45	28	9	12	5

Вариант 8. Определить зависимость урожая семян льна-долгунца от его пораженности фузариозом.

№ п/п	1	2	3	4	5
Пораженность фузариозом, %	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0
Урожай семян, т/га	0,46	0,45	0,44	0,42	0,36

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Пораженность фузариозом, %	3,0	3,2	4,1	5,0	10,2
Урожай семян, т/га	0,40	0,32	0,31	0,30	0,30

Вариант 9. Определить зависимость изменения массы кочана капусты от заселенности растения капустной тлей.

№ п/п	1	2	3	4	5
Заселенность растений, баллы	0	1,0	2,0	2,5	2,8
Изменение массы кочана по отношению к контролю, %	100,0	98,6	85,4	89,1	60,0

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Заселенность растений, баллы	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Изменение массы кочана по отношению к контролю, %	63,9	45,2	36,1	34,5	30,8

Вариант 10. Определить связь между численностью зеленой яблонной тли и высотой штамбов семян яблони.

Отредактировал и опубликовал на сайте: PRESSI (HERSON)

№ п/п	1	2	3	4	5
-------	---	---	---	---	---

Число особей в среднем на 1 лист 0 0,5 1,5 2,5 3,8
 Высота штамба, см 46,0 45,8 41,5 42,1 37,6

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
-------	---	---	---	---	----

Число особей в среднем на 1 лист 4,2 5,0 8,1 10,5 20,8
 Высота штамба, см 35,9 31,4 30,2 26,0 13,5

Вариант 11. Определить зависимость между заселенностью сеянцев яблони красным плодовым клещом и толщиной штамба.

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7
-------	---	---	---	---	---	---	---

Заселенность, баллы 0,3 0,5 0,7 0,8 1,0 1,5 2,0
 Толщина штамба, мм 73 70 68 65 68 66 66

Продолжение

№ п/п	8	9	10	11	12	13	14
-------	---	---	----	----	----	----	----

Заселенность, баллы 2,5 3,0 3,5 4,0 4,2 4,5 4,8
 Толщина штамба, мм 65 63 62 62 60 61 59

Вариант 12. Определить зависимость смертности диапаузирующих особей калифорнийской щитовки от отрицательных температур.

№ п/п	1	2	3	4	5
-------	---	---	---	---	---

Температура в камере холодильника, °С -19,0 -20,0 -21,0 -22,0 -23,0
 Количество погибших особей, % 1,0 4,5 6,0 8,5 20,8

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10	11
-------	---	---	---	---	----	----

Температура в камере холодильника, °С -24,0 -25,0 -27,0 -28,0 -29,0 -32,0
 Количество погибших особей, % 41,5 55,1 73,4 85,6 92,1 98,6

Вариант 13. Определить зависимость урожайности кукурузы от засоренности посевов.

№ п/п	1	2	3	4	5
-------	---	---	---	---	---

Количество сорных растений на 1 м² 12,0 18,1 25,2 30,0 32,5
 Урожай, т/га 6,6 6,4 6,3 6,3 6,2

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
-------	---	---	---	---	----

Количество сорных растений на 1 м² 40,0 45,4 50,6 51,0 71,6
 Урожай, т/га 5,8 6,0 5,9 4,8 4,1

Вариант 14. Определить зависимость урожайности малины от пораженности ее антракнозом.

№ п/п	1	2	3	4	5
-------	---	---	---	---	---

Развитие болезни, % 5,1 6,4 8,0 10,2 12,8
 Урожай в пересчете на 1 м², кг 0,98 0,95 0,90 0,90 0,92

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
-------	---	---	---	---	----

Развитие болезни, % 14,1 16,1 20,2 23,8 36,6
 Урожай в пересчете на 1 м², кг 0,90 0,89 0,75 0,81 0,63

Вариант 15. Определить зависимость урожайности капусты от пораженности ее килой.

№ п/п	1	2	3	4	5
-------	---	---	---	---	---

Степень развития болезни, % 33,5 34,2 36,0 39,3 39,9
 Урожай, т/га 53,1 53,0 51,5 52,3 49,6

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Степень развития болезни, %	40,5	42,3	45,8	49,7	52,8
Урожай, т/га	45,0	36,5	37,2	33,4	29,0

ЗАДАНИЕ 2. В соответствии с предложенным вариантом провести многофакторный корреляционный анализ данных по следующей схеме.

1. По представленным в варианте данным построить таблицу многофакторного корреляционного анализа по данному образцу:

№ варианта	x	y	z	x ²	y ²	z ²	xy	xz	yz
Итого	Σx	Σy	Σz	Σx ²	Σy ²	Σz ²	Σxy	Σxz	Σyz

2. Вычислить отдельные элементы для формул парных коэффициентов корреляции:

$$a) \Sigma xy - \frac{\Sigma x \Sigma y}{n};$$

$$б) \Sigma xz - \frac{\Sigma x \Sigma z}{n};$$

$$в) \Sigma yz - \frac{\Sigma y \Sigma z}{n};$$

$$г) \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 : n;$$

$$д) \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 : n;$$

$$е) \Sigma z^2 - (\Sigma z)^2 : n.$$

3. Вычислить парные коэффициенты корреляции r_{xy} , r_{xz} , r_{yz} :

$$r_{xy} = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y) : n}{\sqrt{[\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}] [\Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n}]}};$$

$$r_{xz} = \frac{\Sigma xz - (\Sigma x \Sigma z) : n}{\sqrt{[\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}] [\Sigma z^2 - \frac{(\Sigma z)^2}{n}]}};$$

$$r_{yz} = \frac{\Sigma yz - (\Sigma y \Sigma z) : n}{\sqrt{[\Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n}] [\Sigma z^2 - \frac{(\Sigma z)^2}{n}]}}.$$

4. В соответствии с содержанием эксперимента вычислить частные коэффициенты корреляции $r_{xy \cdot z}$, $r_{xz \cdot y}$ и $r_{yz \cdot x}$:

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

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

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

5. Вычислить ошибки частных коэффициентов корреляции s_r :

$$s_{r_{xy \cdot z}} = \sqrt{\frac{1 - r_{xy \cdot z}^2}{n - 2}}; \quad s_{r_{xz \cdot y}} = \sqrt{\frac{1 - r_{xz \cdot y}^2}{n - 2}};$$

$$s_{r_{yz \cdot x}} = \sqrt{\frac{1 - r_{yz \cdot x}^2}{n - 2}}.$$

6. Определить критерии значимости частной корреляции t_r :

$$t_r = \frac{r}{s_r}.$$

7. Вычислить частные коэффициенты детерминации $d_{xy \cdot z}$, $d_{xz \cdot y}$, $d_{yz \cdot x}$:

$$d_{xy \cdot z} = r_{xy \cdot z}^2; \quad d_{xz \cdot y} = r_{xz \cdot y}^2; \quad d_{yz \cdot x} = r_{yz \cdot x}^2.$$

8. В соответствии с содержанием эксперимента вычислить множественные коэффициенты корреляции $R_{x \cdot yz}$, $R_{y \cdot xz}$, $R_{z \cdot xy}$:

$$R_{x \cdot yz} = \sqrt{\frac{r_{xy}^2 + r_{xz}^2 - 2r_{xy} \cdot r_{xz} \cdot r_{yz}}{1 - r_{yz}^2}};$$

$$R_{y \cdot xz} = \sqrt{\frac{r_{xy}^2 + r_{yz}^2 - 2r_{xy} \cdot r_{yz} \cdot r_{xz}}{1 - r_{xz}^2}};$$

$$R_{z \cdot xy} = \sqrt{\frac{r_{xz}^2 + r_{yz}^2 - 2r_{xz} \cdot r_{yz} \cdot r_{xy}}{1 - r_{xy}^2}}.$$

9. Определить значимость множественной корреляции по F -критерию:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \left(\frac{n - k}{k - 1} \right).$$

10. Вычислить коэффициенты множественной детерминации $d_{x \cdot yz}$, $d_{y \cdot xz}$, $d_{z \cdot xy}$:

$$d_{x \cdot yz} = R_{x \cdot yz}^2; \quad d_{y \cdot xz} = R_{y \cdot xz}^2; \quad d_{z \cdot xy} = R_{z \cdot xy}^2.$$

11. Сделать выводы о характере, тесноте и существенности связи между изучаемыми явлениями.

Вариант 1. Определить зависимость массы кочана капусты от степени заселенности ее капустной тлей и относительной влажности воздуха.

№ п/п	1	2	3	4	5	6
Заселенность растений тлей, баллы	0,5	0,8	1,2	1,5	2,0	2,5
Относительная влажность воздуха, %	95	90	92	91	86	88
Масса кочана по отношению к контролю, %	100	98,5	90,1	90,0	85,8	84,0

Продолжение

№ п/п	7	8	9	10	11	12
Заселенность растений тлей, баллы	3,0	3,2	3,5	4,0	4,4	4,8
Относительная влажность воздуха, %	83	85	74	82	73	75
Масса кочана по отношению к контролю, %	75,2	76,0	60,5	49,2	35,0	29,1

Вариант 2. Определить зависимость прироста побегов черной смородины от степени ее заселенности паутиным клещом и относительной влажности воздуха.

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7
Число особей в расчете на 1 лист	0	5	20	30	75	101	120
Относительная влажность воздуха, %	100	98	95	92	96	88	85
Прирост побега, см	51,5	51,2	51,0	51,4	50,9	46,8	44,5

Продолжение

№ п/п	8	9	10	11	12	13	14
Число особей в расчете на 1 лист	180	225	280	381	470	500	510
Относительная влажность воздуха, %	83	81	79	76	84	70	62
Прирост побега, см	45,2	42,1	40,5	39,6	38,0	32,5	35,1

Вариант 3. Определить зависимость развития пыльной головни пшеницы от среднемесячной (июнь) температуры воздуха и количества осадков в условиях Центрально-Черноземной зоны.

№ п/п	1	2	3	4	5
Степень развития болезни, %	0,13	0,13	0,13	0,15	0,19
Средняя температура воздуха, °C	20,2	16,4	21,5	17,5	17,2
Число дней с осадками ≥ 5 мм	1,5	2,5	3,0	3,2	3,5

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10	11
Степень развития болезни, %	0,21	0,31	0,40	0,41	0,49	0,50
Средняя температура воздуха, °C	17,5	18,1	16,8	16,9	16,7	18,8
Число дней с осадками ≥ 5 мм	2,5	3,5	3,6	6,0	7,5	5,5

Вариант 4. Определить зависимость развития пыльной головни пшеницы от среднемесячной (июнь) температуры воздуха и количества осадков в условиях Восточной Сибири.

№ п/п	1	2	3	4	5
Степень развития болезни, %	0,10	0,15	0,33	0,40	0,40
Средняя температура воздуха, °C	16,8	18,8	17,3	16,5	19,2
Число дней с осадками ≥ 5 мм	4	5	6	5	7

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Степень развития болезни, %	0,40	0,42	0,45	0,73	0,75
Средняя температура воздуха, °С	18,1	17,1	18,2	18,0	17,3
Число дней с осадками ≥ 5 мм	6	6	7	8	9

Вариант 5. Определить зависимость выживаемости диапаузирующих особей калифорнийской щитовки от температуры воздуха и длины светового дня.

№ п/п	1	2	3	4	5
Количество живых особей, %	99,0	95,5	94,0	92,0	79,2
Средняя температура воздуха в камере, °С	-18	-20	-22	-24	-26
Длина светового дня в период реактивации, ч	17	16	16	15	14

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10	11
Количество живых особей, %	58,5	44,9	26,6	14,4	7,9	1,4
Средняя температура воздуха в камере, °С	-28	-29	-30	-31	-32	-33
Длина светового дня в период реактивации, ч	14	13	12	12	10	10

Вариант 6. Определить зависимость высоты штамба сеянцев яблони от численности зеленой яблонной тли и относительной влажности воздуха.

№ п/п	1	2	3	4	5
Высота штамба, см	52,1	50,0	46,2	42,0	40,5
Среднее число особей на 10 см побега	0,5	2,0	6,6	4,2	18,4
Относительная влажность воздуха, %	85	90	86	80	75

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Высота штамба, см	36,7	36,0	30,5	21,2	15,4
Среднее число особей на 10 см побега	16,1	19,0	28,1	42,0	64,8
Относительная влажность воздуха, %	75	78	68	64	65

Вариант 7. Определить зависимость развития пыльной головни пшеницы от пораженности растений в предыдущем году и числа дней в июне с осадками ≥ 5 мм.

№ п/п	1	2	3	4	5
Степень развития болезни, %:					
в текущем году	0,03	0,05	0,06	0,18	0,19
в предыдущем году	0,13	0,06	0,32	0,42	0,25
Число дней с осадками ≥ 5 мм	1,3	2,3	3,0	2,0	3,0

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Степень развития болезни, %:					
в текущем году	0,25	0,31	0,32	0,42	0,56
в предыдущем году	0,3	0,56	0,53	0,39	0,48
Число дней с осадками ≥ 5 мм	3,6	4,3	3,3	4,6	4,8

Вариант 8. Определить зависимость развития семенной инфекции озимой пшеницы от температуры воздуха.

№ п/п	1	2	3	4	5
Количество пораженных растений, %	53,2	52,1	43,8	43,8	41,0
Средняя температура воздуха, °С:					
август	15,2	15,4	15,6	15,4	16,8
август-сентябрь	27,3	28,7	28,1	28,9	30,4

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Количество пораженных растений, %	40,3	37,3	36,0	34,2	30,5
Средняя температура воздуха, °С:					
август	16,9	16,8	16,2	16,6	18,0
август-сентябрь	30,4	29,8	30,1	30,6	30,8

Вариант 9. Определить зависимость урожайности огурца от нормы выпуска хищной галлицы (против тлей) и количества вносимых фосфорных удобрений.

№ п/п	1	2	3	4	5
Урожай в пересчете на 1 м ² , кг	16,2	16,5	17,0	18,9	19,2
Норма выпуска галлиц, экз/м ²	50	50	60	60	70
Доза Р ₂ О ₅ , г/м ²	30	30	45	45	50

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Урожай в пересчете на 1 м ² , кг	23,1	24,0	26,3	28,5	30,1
Норма выпуска галлиц, экз/м ²	70	80	80	90	100
Доза Р ₂ О ₅ , г/м ²	55	55	50	55	60

Вариант 10. Определить зависимость площади листовой поверхности сеянцев яблони от численности зеленой яблонной тли и количества вносимых азотных удобрений.

№ п/п	1	2	3	4	5
Площадь листовой поверхности, мм ²	100,0	85,1	82,0	66,5	63,2
Среднее число особей на 10 см побега	0,2	1,8	1,5	1,9	4,9
Доза азотных удобрений (по действующему веществу), кг/га	45	45	40	40	35

142

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Площадь листовой поверхности, мм ²	60,0	52,1	28,8	20,5	16,3
Среднее число особей на 10 см побега	8,8	17,4	15,6	33,8	46,1
Доза азотных удобрений (по действующему веществу), кг/га	35	30	30	28	30

Вариант 11. Определить зависимость развития семенной инфекции озимой пшеницы от высоты снежного покрова.

№ п/п	1	2	3	4	5
Степень развития болезни, %	53,2	52,1	48,8	43,8	41,0
Высота снежного покрова в декабре, мм:					
I декада	9	9	10	10	12
II декада	3	4	5	5	8

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Степень развития болезни, %	40,3	37,5	36,0	34,1	32,0
Высота снежного покрова в декабре, мм:					
I декада	14	12	15	13	15
II декада	10	9	12	13	12

Вариант 12. Определить зависимость развития семенной инфекции озимой пшеницы от количества дней с оттепелями.

№ п/п	1	2	3	4	5
Степень развития болезни, %	55,2	54,0	46,2	41,4	39,0
Число дней с оттепелями:					
декабрь-март	60	58	59	57	46
февраль	14	13	13	12	10

143

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Степень развития болезни, %	35,5	34,0	33,2	32,0	30,8
Число дней с оттепелями:					
декабрь—март	47	47	45	40	42
февраль	8	7	7	7	6

Вариант 13. Определить зависимость продолжительности развития гусениц непарного шелкопряда от температуры и относительной влажности воздуха.

№ п/п	1	2	3	4	5
Продолжительность развития гусениц, сут	80	78	72	65	60
Среднемесячная температура воздуха, °С	13,5	15,6	16,4	16,0	16,8
Относительная влажность воздуха, %	86,2	84,0	75,2	75,0	78,5

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Продолжительность развития гусениц, сут	54	51	46	42	36
Среднемесячная температура воздуха, °С	17,1	18,4	19,8	20,2	23,0
Относительная влажность воздуха, %	70,4	68,2	74,0	66,0	58,2

Вариант 14. Определить зависимость продолжительности развития гусениц златогузки от температуры и относительной влажности воздуха.

№ п/п	1	2	3	4	5
Продолжительность развития гусениц, сут	46	44	41	40	39
Среднемесячная температура воздуха, °С	17,9	18,5	20,0	20,5	20,1
Относительная влажность воздуха, %	58,2	50,1	45,0	60,4	55,0

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10
Продолжительность развития гусениц, сут	37	35	32	31	30
Среднемесячная температура воздуха, °С	23,0	25,1	28,2	29,0	29,5
Относительная влажность воздуха, %	73,4	48,5	72,0	65,8	75,0

Вариант 15. Определить зависимость развития пыльной головни пшеницы от относительной влажности воздуха и среднемесячной температуры июня.

№ п/п	1	2	3	4	5
Степень развития болезни, %	0,12	0,15	0,20	0,30	0,33
Относительная влажность воздуха, %	45,4	61,6	69,1	63,5	66,1
Среднемесячная температура воздуха, °С	17,9	18,4	16,4	16,8	16,5

Продолжение

№ п/п	6	7	8	9	10	11
Степень развития болезни, %	0,36	0,40	0,40	0,58	0,83	1,1
Относительная влажность воздуха, %	71,9	67,0	77,5	71,1	87,9	80,5
Среднемесячная температура, °С	15,8	15,9	16,1	15,3	15,6	14,7

Вопросы для самостоятельной проверки знаний

1. Что такое корреляционная связь, в каких случаях она встречается в защите растений?
2. Что такое коэффициент простой линейной корреляции, какие значения он может принимать?
3. Что показывают частные и множественные коэффициенты корреляции, всегда ли их можно применять?
4. Что показывает коэффициент регрессии?
5. В чем смысл коэффициента детерминации?
6. Что такое доверительная зона регрессии?

ЗАДАНИЕ 3. Использовать ковариационный анализ для статистического выравнивания неконтролируемых условий опыта. Задачу решить согласно предложенному варианту по следующей схеме.

1. Составить таблицу для обработки исходных данных по образцу:

Вариант	Учеты	Средние значения данных по повторениям				V_x V_y	\bar{x}_v \bar{y}_v
		I	II	III	IV		
	x						
	y						
	p_x p_y						

2. Определить общее число всех наблюдений – $N = ln$, где l – число вариантов; n – число повторений.

3. Вычислить и занести в таблицу суммы значений ряда x и ряда y по вариантам V_x и V_y (суммы по горизонтальным рядам).

4. Вычислить и занести в таблицу суммы значений ряда x и ряда y по повторениям p_x и p_y (суммы по вертикальным столбцам).

5. Вычислить общую сумму всех наблюдений Σx и Σy .

6. Проверить: $\Sigma x = \Sigma p_x = \Sigma V_x$; $\Sigma y = \Sigma p_y = \Sigma V_y$.

7. Вычислить средние значения по вариантам \bar{x}_v и \bar{y}_v : $\bar{x}_v = \frac{\Sigma V_x}{n}$;

$$\bar{y}_v = \frac{\Sigma V_y}{n}.$$

8. Вычислить средние значения по опыту \bar{x} и \bar{y} : $\bar{x} = \frac{\Sigma x}{N}$; $\bar{y} = \frac{\Sigma y}{N}$.

9. Вычислить сумму квадратов для ряда x :

а) поправку – $C_{(x)} = (\Sigma x)^2 : N$;

б) общую сумму квадратов – $C_{y(x)} = \Sigma x^2 - C$;

в) сумму квадратов повторений – $C_{p(x)} = \frac{\Sigma p_x^2}{l} - C$;

г) сумму квадратов по вариантам – $C_{y(x)} = \frac{\Sigma V_x^2}{n} - C$;

д) сумму квадратов случайного варьирования – $C_{z(x)} = C_{y(x)} - C_{p(x)} - C_{v(x)}$.

10. Вычислить сумму квадратов для ряда xy :

а) поправку – $C_{xy} = \frac{(\Sigma x)(\Sigma y)}{N}$;

б) общую сумму квадратов – $C_{y(xy)} = \Sigma xy - C$;

в) сумму квадратов повторений – $C_{p(xy)} = \frac{\Sigma p_x p_y}{l} - C$;

г) сумму квадратов по вариантам – $C_{v(xy)} = \frac{\Sigma V_x V_y}{n} - C$;

д) сумму квадратов случайного варьирования – $C_{z(xy)} = C_{y(xy)} - C_{p(xy)} - C_{v(xy)}$.

11. Вычислить сумму квадратов для ряда y :

а) поправку – $C_{(y)} = (\Sigma y)^2 : N$;

б) общую сумму квадратов – $C_{y(y)} = \Sigma y^2 - C$;

в) сумму квадратов повторений – $C_{p(y)} = \frac{\Sigma p_y^2}{l} - C$;

г) сумму квадратов по вариантам – $C_{v(y)} = \frac{\Sigma V_y^2}{n} - C$;

д) сумму квадратов случайного варьирования – $C_{z(y)} = C_{y(y)} - C_{p(y)} - C_{v(y)}$.

12. Определить коэффициент регрессии – $b_{yx} = \frac{C_z(xy)}{C_z(x)}$.

13. Вычислить сумму квадратов регрессии – $C_b = \frac{C_z^2(xy)}{C_z(x)}$.

14. Определить остаток II – по разности $C_{z(y)} - C_b$.

15. Составить таблицу ковариационного анализа по образцу:

Источники варьирования	Сумма квадратов			Число степеней свободы	Коэффициент регрессии	Дисперсия $s^2(y)$	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор}}$
	x	xy	y					
Общее	C_y	C_{xy}	C_x	$N - 1$	–	–	–	–
По повторениям	C_p	$C_{p(xy)}$	$C_{p(x)}$	$n - 1$	–	–	–	–
По вариантам	C_v	$C_{v(xy)}$	$C_{v(x)}$	$l - 1$	–	s_v^2	F_v	F_{05}
Случайное (остаток I)	C_z	$C_{z(xy)}$	$C_{z(x)}$	$(n - 1)(l - 1)$	–	s_z^2	–	F_{01}
Регрессии	–	–	C_b	1	$b_{y/x}$	s_b^2	F_b	–
Остаток II	–	–	Ост. II	$(n - 1) \times (l - 1) - 1$	–	$s_{\text{ост II}}^2$	–	–

16. Вычислить дисперсии ряда y по вариантам – s_v^2 , случайного варьирования – s_z^2 , регрессии – s_b^2 и остатка II – $s_{\text{ост II}}^2$.

$$s_y^2 = \frac{C_y}{l-1}; \quad s_z^2 = \frac{C_z}{(p-1)(l-1)}; \quad s_b^2 = C_b;$$

$$s_{\text{ост II}}^2 = \frac{\text{Ост. II}}{(p-1)(l-1) - 1}.$$

17. Вычислить критерий Фишера по вариантам и регрессии — F_y и F_b :

$$F_y = \frac{s_y^2}{s_{\text{ост II}}^2}; \quad F_b = \frac{s_b^2}{s_{\text{ост II}}^2}.$$

18. Сравнить фактические критерии Фишера с теоретическими и определить существенность разности средних по вариантам и по регрессии.

19. В случае существенности критерия Фишера регрессии составить таблицу для внесения поправок с целью корректирования результатов на выравненность условий опыта (по образцу). Корректированные значения y_1 вычисляются по формуле $y_1 = y + b_{yx}(x - \bar{x}_y)$.

№ п/п	\bar{x}_y	$\bar{x} - \bar{x}_y$	$b_{yx}(\bar{x} - \bar{x}_y)$	Результаты опыта	
				фактические y_y	корректированные $y_1 = \bar{y}_y + b_{yx}(\bar{x} - \bar{x}_y)$

20. Вычислить усредненную ошибку разности

$$s_d = \sqrt{\frac{2s_{\text{ост II}}^2}{n}}.$$

21. Вычислить НСР: $\text{НСР}_{05} = t_{05} \cdot s_d$; $\text{НСР}_{01} = t_{01} \cdot s_d$.

22. Определить существенность частных различий корректированных данных по вариантам с помощью НСР.

Вариант 1. Определить существенность влияния различных доз азотных удобрений на численность красного плодового клеща на яблоне (x — численность клеща до закладки опыта; y — увеличение численности клеща в конце сезона по сравнению с контролем).

Вариант опыта	Доза азота по действующему веществу, кг/га	Показатель	Среднее число особей на 1 см ² поверхности листа по повторениям			
			I	II	III	IV
1	60	x	7,5	6,0	6,1	6,0
		y	10,0	9,9	9,8	9,8

Вариант опыта	Доза азота по действующему веществу, кг/га	Показатель	Среднее число особей на 1 см ² поверхности листа по повторениям			
			I	II	III	IV
2	70	x	6,0	5,6	5,9	5,8
		y	9,6	9,6	9,6	9,5
3	80	x	5,6	5,7	5,4	5,3
		y	9,4	9,4	9,3	9,2
4	90	x	5,5	5,4	5,4	5,0
		y	9,3	9,2	9,1	7,0

Вариант 2. Произвести оценку эффективности различных норм выпуска хищной галлицы в борьбе с бахчевой тлей на огурце в теплице (x — среднее количество тли на 1 лист до выпуска; y — снижение численности тли через 7 дней после выпуска хищника, %).

Вариант опыта	Норма выпуска на 1 м ² , экз.	Показатель	Данные по повторениям			
			I	II	III	IV
1	15	x	40,5	38,5	33,0	56,0
		y	62,6	60,1	56,5	71,1
2	25	x	28,3	43,4	59,1	58,5
		y	61,0	69,0	87,4	80,7
3	35	x	38,8	49,2	66,0	68,0
		y	70,1	78,4	93,0	97,4
4	45	x	44,1	31,0	50,2	59,2
		y	87,0	71,5	87,1	97,0
5	55	x	30,0	30,6	30,0	56,0
		y	80,9	85,9	89,2	92,2

Вариант 3. Произвести оценку эффективности различных фунгицидов в борьбе с болезнями груши (x и y — соответственно урожай плодов с 1 дерева до закладки опыта и в опыте, кг).

Вариант опыта	Препарат	Показатель	Данные по повторениям			
			I	II	III	IV
1	Толсан-М	x	47,0	40,8	45,1	49,2
		y	90,3	86,9	99,9	99,9
2	Цинеб	x	52,3	62,6	60,0	51,3
		y	98,1	95,8	93,2	79,6
3	Хлорокись меди	x	50,8	54,6	53,3	46,2
		y	98,0	87,5	94,3	82,7

Вариант 4. Произвести оценку эффективности различных норм выпуска фитосейюлюса для борьбы с паутинным клещом на огурце (х – среднее число особей паутинного клеща на 1 лист перед выпуском хищника; у – снижение численности вредителя через 10 дней после выпуска хищника, %).

Вариант опыта	Норма выпуска на 1 м ²	Показатель	Данные по повторениям				
			I	II	III	IV	V
1	60	х	41,2	28,5	35,5	24,3	37,5
		у	90,0	81,4	73,4	65,0	66,6
2	70	х	28,0	27,0	45,2	39,2	35,0
		у	74,5	89,4	82,5	73,0	63,6
3	80	х	37,0	26,3	62,0	55,1	29,1
		у	91,2	93,5	97,1	91,4	60,6
4	90	х	56,2	52,0	65,5	54,5	50,0
		у	99,9	96,2	99,9	84,7	77,1

Вариант 5. Сравнить эффективность различных способов обработки почвы в борьбе с гусеницами серой зерновой совки (х и у – соответственно число гусениц на 1 м² до и после обработки).

Вариант опыта	Способ обработки	Показатель	Данные по повторениям			
			I	II	III	IV
1	Ранняя зябь	х	30,3	34,0	31,3	42,0
		у	24,7	27,3	21,7	34,7
2	Поздняя зябь	х	37,3	34,7	49,3	47,3
		у	29,7	19,7	38,0	37,3
3	Ранняя весенняя культивация	х	44,7	38,3	52,7	55,7
		у	32,6	26,7	42,0	44,7
4	Поздняя весенняя культивация	х	40,7	49,3	48,0	55,3
		у	21,6	28,3	33,0	39,3
5	Безотвальная вспашка	х	48,3	44,6	49,3	51,3
		у	21,0	22,7	20,6	36,7

Вариант 6. Сравнить хозяйственную эффективность химического и биологического метода защиты яблони от вредителей (х и у – соответственно урожай плодов с 1 дерева до закладки опыта и во время его проведения, кг).

Вариант опыта	Средство защиты	Показатель	Данные по повторениям			
			I	II	III	IV
1	Выпуск трихограммы: 100 тыс/га	х	99	85	65	118
		у	144	148	122	166

Вариант опыта	Средство защиты	Показатель	Данные по повторениям			
			I	II	III	IV
2	150 тыс/га	х	62	68	63	110
		у	148	134	145	154
3	Фозалон	х	114	59	89	112
		у	148	104	112	142
4	Хлорофос	х	126	80	98	134
		у	158	115	134	167

Вариант 7. Сравнить хозяйственную эффективность различных фунгицидов в борьбе с болезнями яблони (х и у – соответственно урожай плодов с 1 дерева до закладки опыта и в опыте, кг).

Вариант опыта	Препарат	Показатель	Данные по повторениям			
			I	II	III	IV
1	Бордоская жидкость	х	80	71	75	92
		у	94	102	91	126
2	Байлетон	х	114	59	89	112
		у	148	104	112	142
3	Купрозан	х	99	85	65	118
		у	144	148	122	166

Вариант 8. Сравнить биологическую эффективность различных норм выпуска трихограммы в борьбе с капустной совкой (х – количество яиц на 1 м² до выпуска трихограммы; у – заселенность яиц паразитами, %).

Вариант опыта	Норма выпуска, тыс/га	Показатель	Данные по повторениям			
			I	II	III	IV
1	30	х	57,7	36,1	45,5	41,1
		у	70,0	52,2	56,6	55,5
2	40	х	62,2	63,3	32,7	49,4
		у	78,8	82,2	57,7	62,2
3	50	х	74,4	70,0	44,4	54,4
		у	92,7	87,7	63,8	74,4
4	60	х	65,5	55,0	47,2	36,1
		у	92,2	80,0	82,2	67,7
5	70	х	61,1	34,4	37,7	35,0
		у	85,5	82,2	74,4	80,5

Вариант 9. Сравнить эффективность химических препаратов в борьбе с серой зерновой совкой (x – количество гусениц на 1 м² до обработки; y – смертность, %).

Вариант опыта	Препарат	Показатель	Данные по повторениям			
			I	II	III	IV
1	Метафос	x	48,7	46,5	51,2	52,5
		y	99,8	82,2	96,1	89,5
2	Хлорофос	x	48,1	47,3	50,3	53,0
		y	89,6	76,9	93,8	96,6
3	Метатион	x	54,2	51,2	57,1	59,8
		y	96,0	79,5	95,9	97,6
4	Волатон	x	47,1	49,2	47,5	43,7
		y	90,0	99,7	97,3	83,7

Вариант 10. Сравнить биологическую эффективность различных инсектицидов в борьбе с крестоцветными блошками (x – число жуков на 1 м² до обработки; y – смертность, %).

Вариант опыта	Показатель	Данные по повторениям			
		I	II	III	IV
ГХЦГ	x	48,8	46,6	51,3	52,6
	y	100,0	82,3	96,3	89,6
Метафос	x	48,2	47,4	50,4	53,1
	y	89,7	77,1	93,9	96,8
Хлорофос	x	54,3	51,3	57,2	59,6
	y	96,1	79,6	96,0	97,8
Актеллик	x	47,2	49,3	47,6	43,8
	y	90,1	99,8	97,4	83,8

Вариант 11. Сравнить хозяйственную эффективность различных методов борьбы с яблонной плодожоркой (x и y – соответственно урожай плодов с 1 дерева до закладки опыта и в опыте, кг).

Вариант опыта	Показатель	Данные по повторениям			
		I	II	III	IV
Выпуск трихограммы: 150 тыс/га	x	102	60	83	72
	y	128	99	100	93
200 тыс/га	x	108	115	60	90
	y	146	147	102	111
Гардона	x	130	125	81	96
	y	171	158	114	136
Фосфамид	x	115	99	85	65
	y	170	145	146	121
Хлорофос	x	110	60	65	62
	y	154	150	137	145

Вариант 12. Сравнить хозяйственную эффективность различных фунгицидов в борьбе с болезнями яблони (x и y – соответственно урожай плодов с 1 дерева до закладки опыта и в опыте, кг).

Вариант опыта	Показатель	Данные по повторениям			
		I	II	III	IV
Каптан	x	60	90	112	110
	y	103	110	150	144
Поликарбацин	x	80	90	125	134
	y	115	136	159	167
Бордоская жидкость	x	68	60	64	112
	y	134	148	146	152
Байлетон	x	70	89	80	89
	y	99	90	110	116
Акрекс	x	85	60	98	120
	y	148	122	144	164

Вариант 13. Произвести сравнительную оценку эффективности различных норм выпуска трихограммы в борьбе с озимой совкой (x – среднее число яиц на 1 м²; y – % заселенных паразитом яиц).

Норма выпуска, тыс/га	Показатель	Данные по повторениям			
		I	II	III	IV
30	x	28,0	52,0	36,8	33,4
	y	61,6	75,1	66,3	65,2
40	x	55,1	54,5	24,0	39,4
	y	91,3	84,8	65,3	74,1
50	x	62,1	65,4	34,8	45,2
	y	97,0	99,8	74,2	82,5
60	x	46,0	56,2	40,0	26,7
	y	91,3	99,9	91,1	75,7
70	x	24,7	51,1	25,8	25,9
	y	94,4	95,2	85,3	90,6

Вариант 14. Сравнить биологическую эффективность различных препаратов в борьбе с колорадским жуком (x – число особей на 1 м² до обработки; y – смертность, %).

Вариант опыта	Показатель	Данные по повторениям			
		I	II	III	IV
Дилор	x	44,3	49,1	38,9	62,3
	y	54,5	61,7	56,3	75,4
Хлорофос	x	53,3	35,3	68,3	67,1
	y	67,1	62,3	88,6	85,0

Продолжение

Вариант опыта	Показатель	Данные по повторениям			
		I	II	III	IV
Фоксим	x	58,7	47,9	75,4	80,2
	y	80,2	68,9	94,6	100,0
Волатон	x	38,9	50,9	59,3	70,5
	y	73,1	88,6	86,2	99,4
Битоксибациллин	x	37,7	40,7	37,1	65,9
	y	86,8	80,2	88,6	92,2

Вариант 15. Произвести сравнительную оценку эффективности различных норм выпуска хищной галлицы в борьбе с картофельной тлей в теплицах (x — число особей тли на 1 лист до выпуска хищника; y — снижение численности через 6 дней после выпуска, %).

Норма выпуска на 1 м ² , экз.	Показатель	Данные по повторениям			
		I	II	III	IV
10	x	53,0	31,1	36,0	40,1
	y	74,2	58,4	61,5	63,0
15	x	55,5	59,1	38,4	23,3
	y	83,7	87,4	75,0	69,0
20	x	70,5	62,2	43,2	30,8
	y	95,0	97,1	84,4	78,1
25	x	62,2	48,2	25,0	39,1
	y	94,0	89,1	78,5	92,0
30	x	56,1	25,0	24,6	24,0
	y	92,1	94,2	91,9	86,9

Вопросы для самостоятельной проверки знаний

1. Что такое ковариация?
2. Для чего применяется ковариационный анализ в защите растений?
3. Нужно ли корректировать полученные данные, если фактические регрессии больше теоретического?

Занятие 14

ПРОБИТ-АНАЛИЗ

Цель занятия. Освоение метода статистической обработки экспериментальных данных, полученных при изучении силы действия поражающих факторов (пестициды, микробиологические препараты) на насекомых, клещей, слизней и др.

Методические указания. Пробит-анализ является частным случаем корреляционного анализа, когда связь между изучаемыми явлениями

выражается кривой регрессии S-образной формы. Такая кривая получается при исследовании динамики численности видов под воздействием различных экологических факторов и, в частности, под действием пестицидов.

Математическая обработка данных зависимости процента гибели особей от различных доз препаратов, представленных в виде таких кривых, а также их практическое использование сложны и неудобны. Для упрощения задачи S-образную кривую трансформируют в прямую линию, максимально приближенную к кривой. С этой целью исходные данные доз или концентраций препарата и соответствующие им показатели процентов гибели особей переводят в условные единицы.

Для трансформации показателей процентов гибели используют условные единицы, называемые пробитами. Перевод экспериментальных данных в пробиты производят с помощью специальных таблиц (табл. 32, 33, приложение 7).

Дозы или концентрации препаратов можно трансформировать различными способами. Простейшим является перевод их значений в десятичные логарифмы. В этом случае при построении линии регрессии, где y — пробит процента гибели, а x — логарифм дозы или концентрации препарата, получается прямая линия. Однако мантиссы логарифмов имеют четыре знака, и для графического изображения таких величин требуется специальная миллиметровая бумага, иначе результаты получатся неточными. При точном построении графика по нему можно определять любые нужные летальные дозировки (ЛД) или летальные концентрации (ЛК).

32. Весовой коэффициент пробитов (по Прозоровскому)

Пробит	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
3	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2
4	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9
5	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7
6	3,5	3,2	2,9	2,6	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2

33. Таблица для преобразования процента частоты гибели особей в пробиты

Гибель, %	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33

Другим удобным способом является метод наименьших квадратов, при котором дозы или концентрации препаратов переводят в условные единицы, называемые "место дозы". Для определения места дозы или концентрации минимальный показатель принимается за 1; места остальных вычисляются как частные от деления данного показателя на минимальный. Например, если имеется ряд доз 0,05; 0,1; 0,15; 0,2, то соответствующие им места будут 1, 2, 3, 4. При таком преобразовании связь между местом дозы и пробитом смертности выражается линейным уравнением $y = A_0 + A_1x$, где y – пробит процента гибели; x – место дозы.

Для определения коэффициентов A_0 и A_1 вводится еще один условный показатель – "весовой коэффициент пробитов" B , определяемый по таблице (см. табл. 33). Тогда

$$A_1 = \frac{\Sigma B \cdot \Sigma xyB - \Sigma xB \cdot \Sigma yB}{\Sigma B \cdot \Sigma x^2 B - (\Sigma xB)^2};$$

$$A_0 = \frac{\Sigma yB - (\Sigma xB) \cdot A_1}{\Sigma B}.$$

После расчета коэффициентов A_1 и A_0 из уравнения линейной регрессии легко определяется любая искомая летальная дозировка ($ЛД_n$) или летальная концентрация ($ЛК_n$):

$$ЛД_n = \frac{y_n - A_0}{A_1} \cdot ЛД_{\min};$$

$$ЛК_n = \frac{y_n - A_0}{A_1} \cdot ЛК_{\min},$$

где n – искомый процент гибели; y_n – пробит искомого процента гибели; $ЛД_{\min}$ и $ЛК_{\min}$ – показатели, принятые за первое место дозы.

З А Д А Н И Е 1. Провести анализ результатов опытов по изучению воздействия химических и микробиологических средств защиты растений на вредных и полезных насекомых с помощью пробит-анализа. Определить $ЛД_{50}$, $ЛК_{50}$, $ЛД_{80}$, $ЛК_{80}$, $ЛД_{95}$, $ЛК_{95}$.

Схема анализа:

1. Построить таблицу пробит-анализа по следующему образцу:

Доза, концентрация	% гибели	Место дозы (x)	Пробит (y)	Весовой коэффициент (B)	xB	x ² B	yB	xyB
--------------------	----------	----------------	------------	-------------------------	----	------------------	----	-----

Итого - - - ΣB ΣxB $\Sigma x^2 B$ ΣyB ΣxyB

2. Занести в таблицу данные по вариантам доз (концентраций) и соответствующих им процентов гибели.

3. Вычислить места доз (x).

4. Найти по таблице пробиты для процентов гибели и занести в составляемую таблицу.

5. Найти по таблице весовые коэффициенты для соответствующих пробитов и занести в данную таблицу.

6. Вычислить промежуточные значения xB , x^2B , yB , xyB и их суммы.

7. Вычислить коэффициенты A_1 и A_0 по формулам:

$$A_1 = \frac{\Sigma B \cdot \Sigma xyB - \Sigma xB \cdot \Sigma yB}{\Sigma B \cdot \Sigma x^2 B - (\Sigma xB)^2}; \quad A_0 = \frac{\Sigma yB - (\Sigma xB) \cdot A_1}{\Sigma B}.$$

8. Вычислить $ЛД_{50}$, $ЛК_{50}$, $ЛД_{80}$, $ЛК_{80}$, $ЛД_{95}$, $ЛК_{95}$ по формулам:

$$ЛД_n = \frac{y_n - A_0}{A_1} ЛД_{\min}; \quad ЛК_n = \frac{y_n - A_0}{A_1} ЛК_{\min}.$$

Для проведения анализ-пробита предлагаются следующие варианты и данные.

Вариант 1. Обработка всходов гороха хлорофосом против жуков клубенькового долгоносика.

Концентрация рабочего раствора, %	0,01	0,02	0,04	0,08	0,1	0,2
Смертность, %	5,0	7,0	34,0	45,0	95,0	99,8

Вариант 2. Обработка трихограммы бессамцовой ДДВФ.

Концентрация, %	0,0031	0,0062	0,0125	0,025	0,05
Смертность, %	31,5	65,0	81,0	97,0	99,9

Вариант 3. Обработка гусениц капустной совки амбушем.

Доза, мг/г	0,0062	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2
Смертность, %	23,0	42,5	50,0	69,1	79,6	98,3

Вариант 4. Обработка гусениц хлопковой совки дендробациллином.

Доза, мг/г	0,0063	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2
Смертность, %	25,0	35,0	47,5	75,0	85,0	98,3

Вариант 5. Предпосевная обработка опушенных семян хлопчатника бронекотом против гоммоза.

Норма расхода, кг/т	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5
Развитие болезни, %	32,0	24,6	14,5	12,5	11,5

Вариант 6. Обработка гусениц златогузки амбушем.

Доза, мг/г	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,15
Смертность, %	43,3	56,6	83,3	96,6	99,8

Вариант 7. Обработка молодых клопов вредной черепашки лебайцидом.

Доза, мг/г	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2
Смертность, %	15,4	35,0	55,1	85,0	98,5

Вариант 8. Эффективность купрозана в борьбе с возбудителем ринхоспориоза ячменя.

Концентрация, %	0,5	0,1	0,01	0,001	0,0001
Проросло конидий, %	0	0	0,2	24,0	83,1

Вариант 9. Обработка гусениц капустной белянки волатоном.

Доза, мг/г	0,0007	0,003	0,006	0,0125	0,25	0,05	0,1
Смертность, %	10,2	33,1	48,4	73,5	80,0	89,0	99,7

Вариант 10. Обработка злаковой тли фосфамидом.

Доза, мг/г	0,0063	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2
Смертность, %	12,3	37,5	45,9	72,1	72,8	99,9

Вариант 11. Обработка гусениц кольчатого шелкопряда фосфамидом.

Доза, мг/г	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2
Смертность, %	28,1	52,6	71,0	80,5	99,6

Вариант 12. Токсическое действие цинеба в борьбе с септориозом пшеницы.

Концентрация, %	0,5	0,1	0,01	0,001	0,0001
Проросло спор, %	0	0,8	13,4	41,0	86,7

Вариант 13. Обработка жуков клубеньковых долгоносиков полихлоркамфеном.

Доза, мг/г	0,0063	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2
Смертность, %	10,0	20,0	40,0	57,5	72,5	98,6

Вариант 14. Обработка гусениц боярышницы дендробаццилином.

Доза, мг/г	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Смертность, %	1,6	8,3	26,6	41,6	93,5

Вариант 15. Обработка гусениц зерновой совки метафосом.

Доза, мг/г	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
Смертность, %	21,6	45,0	78,3	83,0	98,9

Вопросы для самостоятельной проверки знаний

1. Что такое пробит-анализ и для чего он применяется в защите растений?
2. Как трансформируются опытные данные в пробит-анализе?
3. Как с помощью пробит-анализа определить ЛД и ЛК?

- Белуха Н. Т. Основы научных исследований в экономике. — Киев: Вища школа, 1985.
- Вольф В. Г. Статистическая обработка опытных данных. — М.: Колос, 1969.
- Деревицкий Н. Ф. Опытное дело в растениеводстве. — Кишинев: Штиинца, 1962.
- Гар К. А. Методы испытания токсичности и эффективности инсектицидов. — М.: Сельхозгиз, 1963.
- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. — М.: Колос, 1985.
- Зак Г. П. К вопросу о методике фитопатологического сортоиспытания. — М.: Сельхозгиз, 1939.
- Константинов П. Н. Основы сельскохозяйственного опытного дела. — М.: Сельхозгиз, 1952.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. — М.: Высшая школа, 1980.
- Литтла Т., Хиллз Ф. Сельскохозяйственное опытное дело / Планирование и анализ. — М.: Колос, 1981.
- Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. — М.: Колос, 1971.
- Методика полевого опыта / Под ред. П. Г. Найдина. — М.: Изд-во с.-х. литературы, 1959.
- Методика полевых и вегетационных опытов с удобрениями и гербицидами. — М.: Наука, 1967.
- Методические указания по закладке полевых опытов методом рендомизации. — М.: Колос, 1968.
- Методические указания по применению математических методов планирования эксперимента в сельском хозяйстве. — М.: Колос, 1973.
- Методические указания по фитопатологической оценке селекционного материала. — Харьков: Изд-во Укр. НИИ растениеводства, селекции и генетики, 1976, 1979.
- Налимов В. В. Применение математической статистики при анализе вещества. — М.: Физматгиз, 1960.
- Налимов В. В., Чернова Н. А. Статистические методы планирования эксперимента. — М.: Наука, 1965.
- Рубанов И. А., Михацлов Н. Н., Тимохина А. А. Методические указания по применению математических методов планирования эксперимента в сельском хозяйстве. — М.: Колос, 1973.
- Снедекор Д. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии. — М.: Сельхозгиз, 1961.
- Финни Д. Введение в теорию планирования эксперимента. — М.: Наука, 1970.
- Хикс Ч. Основные принципы планирования эксперимента. — М.: Мир, 1967.
- Юдин Ф. А. Методика агрохимических исследований. — М.: Колос, 1980.

- μ — средняя генеральной совокупности.
- σ^2 — дисперсия генеральной совокупности.
- σ — стандартное отклонение генеральной совокупности.
- x — значение варьирующего признака.
- \bar{x} — выборочная средняя, арифметическая средняя.
- s^2 — выборочная дисперсия, средний квадрат.
- s — выборочное стандартное отклонение, среднее квадратическое отклонение.
- V — коэффициент вариации, изменчивости.
- $s_{\bar{x}}$ — средняя ошибка выборочной средней.
- $s_{\bar{x}}\%$ — относительная ошибка выборочной средней.
- d — разность между выборочными средними.
- s_d — ошибка разности между выборочными средними.
- l — число вариантов.
- n — повторность, объем выборки.
- N — общее число наблюдений в опыте.
- ν — число степеней свободы.
- p — вероятность.
- p_1 — уровень значимости.
- $t_{\text{факт}}$ — фактическое значение критерия Стьюдента (t).
- $t_{0.05}, t_{0.01}$ — табличные значения критерия t соответственно для 5 %-ного и 1 %-ного уровней значимости.
- $F_{\text{факт}}, F_{0.05}, F_{0.01}$ — фактическое значение критерия Фишера (F).
- $F_{0.05}, F_{0.01}$ — табличные значения критерия F соответственно для 5 %-ного и 1 %-ного уровней значимости.
- $\chi_{\text{факт}}^2$ — фактическое значение критерия Пирсона (хи-квадрат).
- $\chi_{0.05}^2, \chi_{0.01}^2$ — табличные значения критерия хи-квадрат для 5 %-ного и 1 %-ного уровней значимости.
- H_0 — нулевая гипотеза.
- $HCP_{0.05}, HCP_{0.01}$ — наименьшие существенные разности для 5 %-ного и 1 %-ного уровней значимости.

ПРИЛОЖЕНИЯ

- C – корректирующий фактор (поправка) в дисперсионном анализе;
- C_v, C_p – суммы квадратов отклонений для разных источников варьирования в дисперсионном анализе.
- r – коэффициент линейной корреляции.
- r_s – коэффициент ранговой корреляции Спирмана.
- s_r – ошибка коэффициента линейной корреляции.
- b_{yx} – коэффициент регрессии y по x .
- s_b – ошибка коэффициента регрессии.
- $r_{xy \cdot z}$ – частные и линейные коэффициенты корреляции.
- $R_{xy \cdot z} \cdot R_{yx \cdot z} \cdot R_{zx \cdot y}$ – множественные линейные коэффициенты корреляции.
- η_{yx} – корреляционное отношение y по x .
- s_η – ошибка корреляционного отношения.
- s_ϕ^2, s_r^2, s_n^2 – изменчивость (дисперсия) фенотипическая, генотипическая и паратипическая (модификационная).
- h^2 – коэффициент наследуемости.
- Σ – сумма, знак суммирования.
- \div – доверительный интервал.

Приложение 1

1. Коэффициенты (K) Пирсона для приближенного вычисления стандартного отклонения по размаху варьирования $s = KR$

Число наблюдений	Коэффициент (K)	Число наблюдений	Коэффициент (K)	Число наблюдений	Коэффициент (K)
2	0,886	8	0,351	18	0,275
3	0,591	9	0,337	20	0,268
4	0,468	10	0,325	30	0,245
5	0,430	12	0,307	40	0,231
6	0,395	14	0,294	50	0,222
7	0,370	16	0,283		

2. Значение \sqrt{n} для определения коэффициентов вариации планируемой площади делянки

Отношение площадей планируемой (A) и фиксированной (B) делянок	Отношение площадей		Отношение площадей планируемой (A) и фиксированной (B) делянок	Отношение площадей	
	$A < B$	$A > B$		$A < B$	$A > B$
1,5	1,11	0,90	5,0	1,49	0,67
2,0	1,19	0,84	6,0	1,56	0,64
2,5	1,26	0,79	7,0	1,63	0,61
3,0	1,32	0,76	8,0	1,68	0,60
3,5	1,37	0,73	9,0	1,73	0,58
4,0	1,41	0,71	10,0	1,78	0,56
4,5	1,46	0,68			

Приложение 2

Рабочий план научно-исследовательской работы на _____ г.
(схема в соответствии с ГОСТ 15.101–80)

1. Основание для проведения работ.
(Тема, руководитель, сроки выполнения – начало и конец, раздел, исполнитель.)
2. Цель и исходные данные для проведения работ.
(Научное обоснование; что получено в результате исследований в предыдущие годы; с каким учреждением выполняется работа.)
3. Этапы НИР.
(Перечень изучаемых вопросов; календарный план выполнения работ; что будет получено в планируемом году; ожидаемые результаты после окончания работ.)

4. Основные требования к выполнению НИР.
(Подробная методика проведения исследований, место выполнения работ.)
5. Способ реализации результатов НИР.
(Указывают место и время производственной проверки.)
6. Перечень технической документации, предъявляемой по окончании работ.
(Отчет и срок его представления, а также первичная документация — дневник полевых наблюдений и журнал полевого опыта.)
7. Порядок рассмотрения и приемки НИР.
(Отчет о НИР рассматривают на заседании кафедры и проблемного совета ФЗР, утверждает его методический совет ФЗР.)
8. Техничко-экономическое обоснование.
(Преимущества новой продукции перед существующими отечественными и зарубежными аналогами; ориентировочная экономическая эффективность от внедрения этой продукции.)
9. Расходы на выполнение, источник финансирования.
10. Подписи исполнителей.

Приложение 3

Календарный план выполнения в течение года научно-исследовательских работ по теме "Эффективность новых протравителей в борьбе с болезнями озимой пшеницы"

Вид работы	Краткое изложение методики выполнения	Рекомендуемый срок исполнения	Дата выполнения	Примечание
1. Подготовка семян к посеву	Определение семенных качеств согласно ГОСТу	Август		
2. Протравливание семян перед посевом	По общепринятой методике на специальных машинах ПУ-3 или ПЗ-10	"		
3. Посев озимой пшеницы	Проведение в оптимальные для озимой пшеницы сроки	Первая декада сентября		
4. Определение полевой всхожести	По общепринятой методике	При появлении всходов		
5. Оценка состояния посевов перед уходом в зиму	Учитывают густоту стояния растений на 1 м ² (в четырех местах поля по 0,25 м ²)	Ноябрь		
6. Учет пораженности растений болезнями перед уходом в зиму	Определяют процент поражения растений корневой гнилью, ржавчиной, мучнистой росой и другими болезнями	Ноябрь		

Вид работы	Краткое изложение методики выполнения	Рекомендуемый срок исполнения	Дата выполнения	Примечание
7. Определение густоты перезимовавших растений и числа погибших растений	На конечных защитках каждого варианта выделяют по 2 площадки площадью 0,25 м ² (ширина пробной площадки — 2 рядка, а длина — в зависимости от ширины междурядья). Подсчет живых и погибших растений проводят до боронования. Одновременно дают по всем вариантам визуальную оценку перезимовки посевов в баллах — от 0 до 5	Перед весенним боронованием		
8. Фенологические наблюдения	Даты начала весеннего отрастания листьев, полного кущения, начало и конец колосения, спелость зерна (молочная, восковая, полная)	В течение вегетации		
9. Учет пораженности растений болезнями	На всех вариантах по общепринятым методикам учитывают случаи поражения различными видами ржавчины, головни, корневыми гнилями, мучнистой росой, септориозом, бактериозом	По плану фенологических учетов		
10. Взятие сноповых образцов и их анализ	Со всех вариантов опыта отбирают по 100 типичных растений. В условиях лаборатории проводят структурный анализ (определяют длину стебля и колоса, число колосков, массу зерен с колоса и массу 1000 семян)	Перед уборкой урожая		
11. Уборка урожая	В каждом варианте опыта уборку урожая проводят прямым комбайнированием с последующей очисткой семян на сложных зерноочистительных машинах	В период полной спелости		
12. Определение качества зерна	Качественные показатели семян оценивают по методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур	После очистки и доведения зерна до 13–14 %-ной влажности		

Продолжение

Вид работы	Краткое изложение методики выполнения	Рекомендуемый срок исполнения	Дата выполнения	Примечание
13. Оценка хлебопекарных качеств зерна	С каждого варианта опыта отбирают пробы по 5 кг зерна и в условиях специальной лаборатории определяют хлебопекарные качества	После очистки зерна до 13-14 %-ной влажности		
14. Написание отчета по теме	Обработка полученных экспериментальных данных. Годовой отчет.	Ноябрь-декабрь		

Исполнитель темы _____

Приложение 4

Значения критерия *t* на 5, 1 и 0,1 %-ном уровне значимости

Число степеней свободы	Уровень значимости		
	0,05	0,01	0,001
1	12,71	63,66	—
2	4,30	9,93	31,60
3	3,18	5,84	12,94
4	2,78	4,60	8,61
5	2,57	4,03	6,86
6	2,45	3,71	5,96
7	2,37	3,50	5,41
8	2,31	3,36	5,04
9	2,26	3,25	4,78
10	2,23	3,17	4,59
11	2,20	3,11	4,44
12	2,18	3,06	4,32
13	2,16	3,01	4,22
14	2,15	2,98	4,14
15	2,13	2,95	4,07
16	2,12	2,92	4,02
17	2,11	2,90	3,97
18	2,10	2,88	3,92
19	2,09	2,86	3,88
20	2,09	2,85	3,85
21	2,08	2,83	3,82
22	2,07	2,82	3,79
23	2,07	2,81	3,77

Продолжение

Число степеней свободы	Уровень значимости		
	0,05	0,01	0,001
24	2,06	2,80	3,75
25	2,06	2,79	3,73
26	2,06	2,78	3,71
27	2,05	2,77	3,69
28	2,05	2,76	3,67
29	2,05	2,76	3,66
30	2,04	2,75	3,65
50	2,01	2,68	3,50
100	1,98	2,63	3,39
∞	1,96	2,58	3,29

Приложение 5

Значения критерия *F* на 5 %-ном уровне значимости (вероятность 95 %)

Степени свободы для меньшей дисперсии (знаменатель)	Степени свободы для большей дисперсии (числитель)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	161	200	216	225	230	234	237
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,27	4,21
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92
13	4,64	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,84
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77
15	4,54	3,60	3,29	3,06	2,90	2,70	2,70
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,62
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,55
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,52
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,47
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,45
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,43
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,41
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39

Степени свободы для меньшей дисперсии (знаменатель)	Степени свободы для большей дисперсии (числитель)						
	1	2	3	4	5	6	7
27	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,36
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,34
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,30	2,19	2,10

Продолжение

Степени свободы для меньшей дисперсии (знаменатель)	Степени свободы для большей дисперсии (числитель)						
	8	9	10	12	24	50	100
1	239	241	242	244	249	252	253
2	19,37	19,38	19,39	19,41	19,45	19,47	19,49
3	8,84	8,81	8,78	8,74	8,64	8,58	8,56
4	6,04	6,00	5,96	5,91	5,77	5,70	5,66
5	4,82	4,78	4,74	4,68	4,53	4,44	4,40
6	4,15	4,10	4,06	4,00	3,84	3,75	3,71
7	3,73	3,68	3,63	3,57	3,41	3,32	3,28
8	3,44	3,39	3,34	3,28	3,12	3,03	2,98
9	3,23	3,18	3,13	3,07	2,90	2,90	2,76
10	3,07	3,02	2,97	2,91	2,74	2,64	2,59
11	2,95	2,90	2,86	2,79	2,61	2,50	2,45
12	2,85	2,80	2,76	2,69	2,50	2,40	2,35
13	2,77	2,72	2,67	2,60	2,42	2,32	2,26
14	2,70	2,65	2,60	2,53	2,35	2,24	2,19
15	2,64	2,59	2,55	2,48	2,29	2,18	2,12
16	2,59	2,54	2,49	2,42	2,24	2,13	2,07
17	2,55	2,50	2,45	2,38	2,19	2,08	2,02
18	2,51	2,46	2,41	2,34	2,15	2,04	1,98
19	2,48	2,43	2,38	2,31	2,11	2,00	1,94
20	2,45	2,40	2,35	2,28	2,08	1,96	1,90
21	2,42	2,37	2,32	2,25	2,05	1,92	1,87
22	2,35	2,40	2,30	2,23	2,03	1,91	1,84
23	2,38	2,32	2,28	2,20	2,00	1,88	1,82
24	2,36	2,30	2,26	2,18	1,98	1,86	1,80
25	2,34	2,25	2,24	2,16	1,96	1,84	1,77
26	2,32	2,27	2,22	2,15	1,95	1,82	1,76
27	2,29	2,24	2,19	2,12	1,91	1,78	1,72
30	2,27	2,21	2,12	2,09	1,89	1,76	1,69
40	2,18	2,12	2,07	2,00	1,79	1,66	1,59
50	2,13	2,07	2,02	1,95	1,74	1,60	1,52
100	2,03	1,97	1,92	1,85	1,63	1,48	1,39

Значение критерия χ^2

Число степеней свободы	Уровень значимости							
	0,99	0,95	0,75	0,50	0,25	0,10	0,05	0,01
1	0,10	0,45	1,32	2,71	3,84	6,63
2	0,02	0,10	0,58	1,39	2,77	4,61	5,99	9,21
3	0,11	0,35	1,21	2,37	4,11	6,25	7,81	11,34
4	0,30	0,71	1,92	3,36	5,39	7,78	9,49	13,28
5	0,55	1,15	2,67	4,35	6,63	9,24	11,07	15,09
6	0,87	1,64	3,45	5,35	7,84	10,64	12,59	16,81
7	1,24	2,17	4,25	6,35	9,04	12,02	14,07	18,48
8	1,65	2,73	5,07	7,34	10,22	13,36	15,51	20,09
9	2,09	3,33	5,90	8,34	11,39	14,68	16,92	21,67
10	2,56	3,94	6,74	9,34	12,55	15,99	18,31	23,21
11	3,05	4,57	7,58	10,34	13,70	17,28	19,68	24,72
12	3,57	5,23	8,44	11,34	14,85	18,55	21,03	26,22
13	4,11	5,89	9,30	12,34	15,98	19,81	22,36	27,69
14	4,66	6,57	10,17	13,34	17,12	21,06	23,68	29,14
15	5,23	7,26	11,04	14,34	18,25	22,31	25,00	30,58
16	5,81	7,96	11,91	15,34	19,37	23,54	26,30	32,00
17	6,41	8,67	12,79	16,34	20,49	24,77	27,59	33,41
18	7,01	9,39	13,68	17,34	21,60	25,99	28,87	34,81
19	7,63	10,12	14,56	18,34	22,72	27,20	30,14	36,19
20	8,26	10,85	15,45	19,34	23,83	28,41	31,41	37,57
21	8,90	11,59	16,34	20,34	24,93	29,62	32,67	38,93
22	9,54	12,34	17,24	21,34	26,04	30,81	33,92	40,29
23	10,20	13,09	18,17	22,34	27,14	32,01	35,17	41,64
24	10,86	13,85	19,11	23,34	28,24	33,20	36,42	42,98
25	11,52	14,61	20,06	24,34	29,34	34,38	37,65	44,31
26	12,20	15,38	21,01	25,34	30,43	35,56	38,89	45,64
27	12,88	16,15	22,01	26,34	31,53	36,74	40,11	46,93
28	13,56	16,93	23,01	27,34	32,62	37,92	41,34	48,28
29	14,26	17,71	24,01	28,34	33,71	39,09	42,56	49,59
30	14,95	18,49	25,01	29,34	34,80	40,26	43,77	50,89
40	22,16	26,51	29,05	33,66	45,62	51,80	55,76	63,69
50	29,71	34,76	37,69	42,94	56,33	63,17	67,50	76,15
60	37,48	43,19	46,46	52,29	66,98	74,40	79,08	88,38
70	45,44	51,74	55,33	61,70	77,58	85,53	90,53	100,42
80	53,54	60,39	64,28	71,14	88,13	96,58	101,88	112,33
90	61,75	69,13	73,29	80,62	98,64	107,56	113,14	124,12
100	70,06	77,93	82,36	90,13	109,14	118,50	124,34	135,81

Таблица преобразования процентов гибели насекомых в пробиты

% ги-бели	Пробит	% ги-бели	Пробит	% ги-бели	Пробит	% ги-бели	Пробит
1	2,674	26	4,357	51	5,025	76	5,706
2	2,946	27	4,387	52	5,050	77	5,739
3	3,119	28	4,417	53	5,075	78	5,772
4	3,249	29	4,447	54	5,100	79	5,806
5	3,355	30	4,476	55	5,126	80	5,842
6	3,445	31	4,504	56	5,151	81	5,878
7	3,524	32	4,532	57	5,176	82	5,915
8	3,595	33	4,560	58	5,202	83	5,954
9	3,659	34	4,587	59	5,227	84	5,994
10	3,718	35	4,615	60	5,253	85	6,036
11	3,773	36	4,642	61	5,279	86	6,080
12	3,825	37	4,668	62	5,305	87	6,126
13	3,874	38	4,695	63	5,332	88	6,175
14	3,920	39	4,721	64	5,358	89	6,227
15	3,920	40	4,747	65	5,385	90	6,282
16	4,006	41	4,772	66	5,413	91	6,341
17	4,046	42	4,798	67	5,440	92	6,405
18	4,085	43	4,824	68	5,468	93	6,476
19	4,122	44	4,849	69	5,496	94	6,555
20	4,158	45	4,874	70	5,524	95	6,645
21	4,194	46	4,900	71	5,553	96	6,751
22	4,228	47	4,925	72	5,583	97	6,881
23	4,261	48	4,950	73	5,613	98	7,054
24	4,294	49	4,975	74	5,643	99	7,326
25	4,326	50	5,000	75	5,674	99,99	8,719

Приложение 8

Углы, соответствующие процентам: угол-арксинус процент

%	Десятые доли процента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0	1,8	2,6	3,1	3,6	4,0	4,4	4,8	5,1	5,4
1	5,7	6,0	6,3	6,6	6,8	7,0	7,3	7,5	7,7	7,9
2	8,1	8,3	8,5	8,7	8,9	9,1	9,3	9,5	9,6	9,8
3	10,0	10,1	10,3	10,5	10,6	10,8	10,9	11,1	11,2	11,4
4	11,5	11,7	11,8	12,0	12,1	12,2	12,4	12,5	12,7	12,8
5	12,9	13,0	13,2	13,3	13,4	13,6	13,7	13,8	13,9	14,1
6	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,8	14,9	15,0	15,1	15,2
7	15,3	15,4	15,6	15,7	15,8	15,9	16,0	16,1	16,2	16,3
8	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	17,0	17,1	17,2	17,3	17,4
9	17,5	17,6	17,7	17,8	17,8	18,0	18,0	18,2	18,2	18,3
10	18,4	18,5	18,6	18,7	18,8	18,9	19,0	19,1	19,2	19,3

%	Десятые доли процента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	19,4	19,5	19,6	19,6	19,7	19,8	19,9	20,0	20,1	20,2
12	20,3	20,4	20,4	20,5	20,6	20,7	20,8	20,9	21,0	21,0
13	21,1	21,2	21,3	21,4	21,5	21,6	21,6	21,7	21,8	22,0
14	22,1	22,1	22,1	22,2	22,3	22,4	22,5	22,6	22,6	22,7
15	22,8	22,9	23,0	23,0	23,1	23,2	23,3	23,3	23,4	23,5
16	23,6	23,7	23,7	23,8	23,9	24,0	24,0	24,1	24,2	24,3
17	24,4	24,4	24,5	24,6	24,6	24,7	24,8	24,9	25,0	25,0
18	25,1	25,2	25,2	25,3	25,4	25,5	25,6	25,6	25,7	25,8
19	25,8	25,9	26,0	26,1	26,1	26,2	26,3	26,4	26,4	26,5
20	26,6	26,6	26,7	26,8	26,9	26,9	27,0	27,1	27,1	27,2
21	27,3	27,4	27,4	27,5	27,6	27,6	27,7	27,8	27,8	27,9
22	28,0	28,0	28,1	28,2	28,2	28,3	28,4	28,4	28,5	28,6
23	28,7	28,7	28,8	28,9	28,9	29,0	29,1	29,1	29,2	29,3
24	29,3	29,4	29,5	29,5	29,6	29,7	29,7	29,8	29,9	29,9
25	30,0	30,1	30,1	30,2	30,3	30,3	30,4	30,5	30,5	30,6
26	30,7	30,7	30,8	30,9	30,9	31,0	31,0	31,0	31,2	31,2
27	31,2	31,3	31,4	31,5	31,6	31,6	31,7	31,8	31,8	31,9
28	32,0	32,0	32,1	32,1	32,2	32,3	32,3	32,4	32,5	32,5
29	32,6	32,6	32,7	32,8	32,8	32,9	33,0	33,0	33,1	33,2
30	33,2	33,3	33,3	33,4	33,5	33,5	33,6	33,6	33,7	33,8
31	33,8	33,9	34,0	34,0	34,1	34,1	34,2	34,3	34,3	34,3
32	34,4	34,5	34,6	34,6	34,7	34,8	34,8	34,9	35,0	35,0
33	35,1	35,1	35,2	35,2	35,3	35,4	35,4	35,5	35,6	35,6
34	35,7	35,7	35,8	35,9	35,9	36,0	36,0	36,1	36,2	36,2
35	36,3	36,3	36,4	36,5	36,5	36,6	36,6	36,7	36,8	36,8
36	36,9	36,9	37,0	37,0	37,1	37,2	37,2	37,3	37,4	37,4
37	37,5	37,5	37,6	37,6	37,7	37,8	37,8	37,9	37,9	38,0
38	38,1	38,1	38,2	38,2	38,3	38,4	38,4	38,5	38,5	38,6
39	38,6	38,7	38,8	38,8	38,9	38,9	39,0	39,1	39,1	39,2
40	39,2	39,3	39,4	39,4	39,5	39,5	39,6	39,6	39,7	39,8
41	39,8	39,9	39,9	40,0	40,0	40,1	40,2	40,2	40,3	40,3
42	40,4	40,5	40,5	40,6	40,6	40,7	40,7	40,8	40,9	40,9
43	41,0	41,0	41,1	41,2	41,2	41,3	41,3	41,4	41,4	41,5
44	41,6	41,6	41,7	41,7	41,8	41,8	41,9	42,0	42,0	42,1
45	42,1	42,2	42,2	42,3	42,4	42,4	42,5	42,5	42,6	42,6
46	42,7	42,8	42,8	42,9	42,9	43,0	43,1	43,1	43,2	43,2
47	43,3	43,3	43,4	43,4	43,5	43,6	43,6	43,7	43,7	43,8
48	43,8	43,9	44,0	44,0	44,1	44,1	44,2	44,3	44,3	44,4
49	44,4	44,5	44,5	44,6	44,7	44,7	44,8	44,8	44,9	44,9
50	45,0	45,0	45,1	45,2	45,2	45,3	45,3	45,4	45,5	45,5
51	45,6	45,6	45,7	45,8	45,8	45,9	45,9	46,0	46,0	46,1
52	46,2	46,2	46,3	46,3	46,4	46,4	46,5	46,6	46,6	46,7
53	46,7	46,8	46,8	46,9	47,0	47,0	47,1	47,1	47,2	47,2
54	47,3	47,4	47,4	47,5	47,5	47,6	47,6	47,7	47,7	47,8
55	47,9	47,9	48,0	48,0	48,1	48,2	48,2	48,3	48,3	48,4
56	48,4	48,5	48,6	48,7	48,7	48,8	48,8	48,9	48,9	49,0
57	49,0	49,1	49,1	49,2	49,3	49,3	49,4	49,4	49,5	49,5
58	49,6	49,7	49,7	49,8	49,8	49,9	49,9	50,0	50,1	50,1

%	Десятые доли процента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
59	50,2	50,2	50,3	50,4	50,4	50,5	50,5	50,6	50,6	50,7
60	50,8	50,8	50,9	50,9	51,0	51,1	51,1	51,2	51,2	51,3
61	51,4	51,4	51,5	51,5	51,6	51,6	51,7	51,8	51,8	51,9
62	51,9	52,0	52,1	52,1	52,2	52,2	52,3	52,3	52,4	52,5
63	52,5	52,6	52,6	52,7	52,8	52,8	52,9	53,0	53,0	53,1
64	53,1	53,2	53,3	53,3	53,4	53,4	53,5	53,6	53,6	53,7
65	53,7	53,8	53,8	53,9	54,0	54,0	54,1	54,2	54,2	54,3
66	54,3	54,4	54,4	54,5	54,6	54,6	54,7	54,8	54,8	54,9
67	54,9	55,0	55,1	55,1	55,2	55,2	55,3	55,4	55,4	55,5
68	55,6	55,6	55,7	55,7	55,8	55,9	55,9	56,0	56,0	56,1
69	56,2	56,2	56,3	56,4	56,4	56,5	56,5	56,6	56,6	56,7
70	56,8	56,8	56,9	57,0	57,0	57,1	57,2	57,2	57,3	57,4
71	57,4	57,5	57,5	57,6	57,7	57,7	57,8	57,9	57,9	58,0
72	58,0	58,1	58,2	58,2	58,3	58,4	58,4	58,5	58,6	58,6
73	58,7	58,8	58,8	58,9	59,0	59,0	59,1	59,2	59,2	59,3
74	59,3	59,4	59,5	59,5	59,6	59,7	59,7	59,8	59,9	59,9
75	60,0	60,1	60,1	60,2	60,3	60,3	60,4	60,5	60,5	60,6
76	60,7	60,7	60,8	60,9	60,9	61,0	61,1	61,1	61,2	61,3
77	61,3	61,4	61,5	61,6	61,6	61,7	61,8	61,8	61,9	62,0
78	62,0	62,1	62,2	62,2	62,3	62,4	62,4	62,5	62,6	62,6
79	62,7	62,8	62,9	62,9	63,0	63,1	63,2	63,2	63,3	63,4
80	63,4	63,5	63,6	63,6	63,7	63,8	63,9	63,9	64,0	64,1
81	64,2	64,2	64,3	64,4	64,4	64,5	64,6	64,7	64,8	64,8
82	64,9	65,0	65,0	65,1	65,2	65,3	65,4	65,4	65,5	65,6
83	65,6	65,7	65,8	65,9	66,0	66,0	66,1	66,2	66,3	66,3
84	66,4	66,5	66,6	66,7	66,7	66,8	66,9	67,0	67,0	67,1
85	67,2	67,3	67,4	67,4	67,5	67,6	67,6	67,8	67,9	67,9
86	68,0	68,1	68,2	68,3	68,4	68,4	68,5	68,6	68,7	68,8
87	68,9	69,0	69,0	69,1	69,2	69,3	69,4	69,5	69,6	69,6
88	69,7	69,8	69,9	70,0	70,1	70,2	70,3	70,4	70,4	70,5
89	70,6	70,7	70,8	70,9	71,0	71,1	71,2	71,3	71,4	71,5
90	71,6	71,7	71,8	71,8	72,0	72,0	72,2	72,2	72,3	72,4
91	72,5	72,6	72,7	72,8	73,0	73,0	73,2	73,3	73,4	73,5
92	73,6	73,7	73,8	73,9	74,0	74,1	74,2	74,3	74,4	74,6
93	74,7	74,8	74,9	75,0	75,1	75,2	75,4	75,5	75,6	75,7
94	75,8	75,9	76,1	76,2	76,3	76,4	76,6	76,6	76,8	77,0
95	77,1	77,2	77,3	77,5	77,6	77,8	77,9	78,0	78,2	78,3
96	78,5	78,6	78,8	78,9	79,1	79,2	79,4	79,5	79,7	79,9
97	80,0	80,2	80,4	80,5	80,7	80,9	81,1	81,3	81,5	81,7
98	81,9	82,1	82,3	82,5	82,7	83,0	83,2	83,4	83,7	84,0
99	84,3	84,6	84,9	85,2	85,6	86,0	86,4	86,9	87,4	88,2
100	90,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<i>Введение</i>	3
I. ФОРМЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	4
II. ПЛАНИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ	10
Занятие 1. Общие положения, принципы и требования, предъявляемые к планированию исследований	11
Занятие 2. Основные элементы методики и техники эксперимента	17
Занятие 3. Ориентация делянок и методы размещения вариантов	24
Занятие 4. Планирование, составление схемы и структуры опыта	33
Занятие 5. Определение необходимого количества наблюдений и учетов в полевом опыте по защите растений от вредных организмов	39
Занятие 6. Особенности планирования полевых опытов при селекции сортов сельскохозяйственных культур на устойчивость к вредителям и болезням	45
Занятие 7. Ведение опытной документации, составление научного отчета и рекомендаций производству	50
III. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	55
Занятие 8. Генеральная совокупность. Количественная и качественная изменчивость, их статистические показатели и графическое изображение	56
Занятие 9. Статистические методы проверки гипотез	76
Занятие 10. Использование метода хи-квадрат при решении токсикологических и других задач в защите растений	89
Занятие 11. Дисперсионный анализ экспериментальных данных	94
Занятие 12. Дисперсионный анализ результатов многофакторных опытов	109
Занятие 13. Корреляция и регрессия	122
Простая линейная корреляция	122
Частная и множественная линейные корреляции	124
Криволинейная корреляция	125
Ковариация	126
Занятие 14. Пробит-анализ	154

Литература	160
Краткий указатель символов	161
Приложения	
<i>Приложение 1.</i> 1. Коэффициенты (K) Пирсона для приближенного вычисления стандартного отклонения по размаху варьирования $s = KR$	163
2. Значение $\sqrt[4]{n}$ для определения коэффициентов вариации планируемой площади делянки	163
<i>Приложение 2.</i> Рабочий план научно-исследовательской работы	163
<i>Приложение 3.</i> Календарный план выполнения в течение года научно-исследовательских работ по теме "Эффективность новых протравителей в борьбе с болезнями озимой пшеницы"	164
<i>Приложение 4.</i> Значение критерия t на 5, 1 и 0,1 %-ном уровне значимости	166
<i>Приложение 5.</i> Значение критерия F на 5 %-ном уровне значимости (вероятность 95 %)	167
<i>Приложение 6.</i> Значение критерия χ^2	169
<i>Приложение 7.</i> Таблица преобразования процентов гибели насекомых в пробиты	170
<i>Приложение 8.</i> Углы, соответствующие процентам: угол-арксинус процент	170

**Пересыпкин Владимир Федорович,
Коваленко Станислав Николаевич,
Шелестова Валентина Сергеевна,
Асатур Марина Константиновна**

**ПРАКТИКУМ ПО МЕТОДИКЕ ОПЫТНОГО ДЕЛА
В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ**

Главный редактор журнально-книжной редакции
В.Э. Савзарг
Художественный редактор *О.М. Соркина*
Технический редактор *Л.И. Кувыркина*
Корректор *В.Н. Маркина*
ИБ № 5349

Сдано в набор 29.11.88. Подписано в печать 27.02.89. Т-03467. Формат 60 x 88¹/₁₆.
Бумага кн.-журн. Гарнитура Пресс-Роман. Печать офсетная. Усл. печ. л.
10,78. Усл. кр.-отг. 11,02. Уч.-изд. л. 11,36. Изд. № 440. Тираж 11 000 экз. Зак. 1356.
Цена 35 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО "Агропромиздат", 107807, ГСП-6,
Москва, Б-78, ул. Садовая-Спаская, 18.

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете
СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 101898, Москва,
Хочловский пер., 7.

35 коп.

