

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет  
имени А.А. Ежевского  
Агрономический факультет  
Кафедра земледелия и растениеводства

**Основы и методология научных исследований**

**для направления подготовки 35.06.01 «Сельское хозяйство»,  
профиль «Общее земледелие, растениеводство»**

Методические указания

Иркутск 2017

Опубликовано по решению Ученого совета Агрономического факультета  
Иркутского ГАУ имени А.А. Ежевского от 22 декабря 2017 года

Коллектив авторов: Бурлов С.П., к.с.-х.н., доцент,  
Сагирова Р.А., д.с.-х.н., профессор,  
Бояркин Е.В., к.б.н., доцент,  
Абрамов А.Г., к.с.-х.н., доцент,  
Абрамова И.Н., к.с.-х.н., доцент,  
Большешапова Н.И., аспирант

Рецензенты: Афонина Т.Е., д.г.н., профессор Иркутского ГАУ  
Султанов Ф.С., к.с.-х.н., с.н.с., ФГБНУ «Иркутский НИИСХ»

Допущено Учебно-методическим советом Агрономического факультета  
Иркутского ГАУ в качестве методического указания для аспирантов,  
обучающихся по направлениям агрономического образования.

**Основы и методология научных исследований:** методические указания /  
С.П. Бурлов, Р.А. Сагирова, Е.В.Бояркин и др. - Иркутск: ФГБОУ ВО Иркутский  
ГАУ, 2017. - 36 с.

В методических указаниях рассмотрены современные основы и методология  
научных исследований, методы обработки экспериментальных данных.  
Пособие предназначено для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и  
студентов агрономического факультета сельскохозяйственных вузов.

© Коллектив авторов, 2017 © ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ  
имени А.А. Ежевского

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **1. Цели и задачи дисциплины.**

**Цель дисциплины** - формирование знаний и умений по методам агрономических исследований, планированию, технике закладки и планирования, техники закладки и проведения опытов; применения статистических методов анализа в агрономических исследованиях.

**2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.** В результате изучения дисциплины аспирант должен: готов к проведению эксперимента и применению статистических методов анализа опытных данных.

Задачами дисциплины являются изучение:

- 1) методов агрономических исследований;
- 2) знать основные понятия, классификацию методов исследования, их сущность и основные требования к ним; принципы и этапы планирования эксперимента, требования к наблюдениям и учетам в опыте, этапы закладки опытов, требования к полевым работам в опыте, особенности учета урожая, методы поправок на изреживание культур; особенности методики проведения опытов с различными культурами, порядок ведения документации и отчетности; о совокупности и выборке, об организации выборочного метода, планирование объема выборки; эмпирические и теоретические распределения, статистические методы проверки гипотез, сущность и основы дисперсионного анализа, корреляции и регрессии;
- 3) уметь вычислять и использовать для анализа статистические показатели количественной и качественной изменчивости, проводить дисперсионный анализ результатов опытов, заложенных разными методами, корреляционный, регрессионный и ковариационный анализы; планировать схему и структуру различных опытов, технику их закладки и проведения, программу наблюдений и методику проведения анализов и наблюдений.

## Тематический план

по дисциплине «**Основы и методология научных исследований**» для аспирантов **направления подготовки 35.06.01 «Сельское хозяйство», профиль «Общее земледелие, растениеводство»**

№ п/п	Наименование разделов и тем
1.	Основные положения и понятия. Классификация методов исследования
2.	Основные элементы методики полевого опыта
3.	Планирование сельскохозяйственного эксперимента
4.	Планирование наблюдений и учетов в опыте
5.	Техника закладки и проведения опыта
6.	Частные вопросы методики полевого эксперимента
7.	Документация и отчетность
8.	Статистические методы анализа. Совокупность и выборка, распределения
9.	Статистические методы проверки гипотез
10.	Дисперсионный анализ
11.	Корреляция, регрессия, ковариация
12.	Планирование схемы и структуры полевого эксперимента
13.	Разработка и обоснование программы наблюдений

### **ТЕМА 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПОНЯТИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.**

Возникновение и краткая история сельскохозяйственного опытного дела. Роль отечественных и зарубежных ученых в разработке методов агрономических исследований, современное состояние опытного дела, организация и сеть опытных учреждений в России.

Сущность и принципы научного исследования. Общая классификация видов научной деятельности. Фундаментальные и прикладные исследования, взаимодействие между ними. Наблюдение и эксперимент. Требования, предъявляемые к научному наблюдению и эксперименту. Методология научных исследований: гипотеза, эксперимент, наблюдения, анализ, синтез, системность, моделирование, теория, внедрение.

Классификация и характеристика основных методов исследования в научной агрономии. Лабораторные эксперименты, вегетационный и лизиметрический

методы. Полевой эксперимент. Научные открытия, разработки и изобретения.

Методика вегетационного опыта. Основные требования к вегетационному опыту. Разработка методики водных, песчаных и почвенных культур. Техника проведения вегетационных опытов. Фитотроны и их роль в агрономических исследованиях. Методика проведения лабораторных и лизиметрических экспериментов. Полевой опыт. Основные требования к полевому опыту: типичность, принцип единственного различия, проведение опыта на специально выделенном и изученном участке, учет урожая и достоверность опыта по существу. Агрономическая и статистическая обоснованность методики эксперимента.

Классификация полевых опытов. Агротехнические опыты и опыты по испытанию селекционных образцов и сортов сельскохозяйственных культур. Однофакторные и многофакторные опыты. Роль и значение многолетних и длительных многофакторных опытов в агрономии.

Особенности условий проведения полевого опыта. Понятие о случайном и закономерном варьировании плодородия почвы. Закономерности территориальной (пространственной) изменчивости плодородия почвы опытных участков. Особенности индивидуального варьирования растений в многолетних насаждениях (плодовые, ягодные, виноград). Выбор и подготовка земельного участка под опыт. Уравнительные и рекогносцировочные посевы. Роль дробных учетов урожаев в планировании рациональной структуры опыта с полевыми, овощными, плодовыми, ягодными культурами и виноградом.

### 1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ВАРИАНТОВ.

Можно выделить три основные группы методов размещения вариантов по деланкам опытного участка: стандартные, систематические и рендомизированные (случайные).

Стандартные методы характеризуются более частым, обычно через 1-2 опытных варианта, расположением контроля, стандарта.

Систематические методы предусматривают неизменный порядок расположения вариантов в каждом повторении.

При случайных методах порядок вариантов определяется путем рандомизации, т. е. размещения их внутри каждого повторения случайно по жребью, когда каждый вариант имеет равную вероятность, равный шанс попасть на любую деланку, тогда как при систематическом такая возможность исключена.

Стандартные методы основаны на том, что плодородие опытного участка изменяется постепенно, и между урожаями ближайших деланок

наблюдается корреляционная связь. В стандартных методах каждый изучаемый вариант сравнивают со своим контролем, урожай которого вычисляют способом линейной интерполяции, находя промежуточные значения функции на основании предположения о постепенном изменении плодородия почвы земельного участка.

Стандартные методы размещения полевого опыта иногда подкупают простотой и предполагаемой возможностью устранить влияние пестроты плодородия почвы и тем самым свести к минимуму ошибки эксперимента. Кажется, что стандарт, расположенный возле каждого изучаемого варианта, даст наиболее точную оценку эффективности сорта или агротехнического приема. Однако практика применения и сравнительной оценки стандартных методов выявила их существенные недостатки.

Во-первых, не всегда наблюдается тесная корреляционная зависимость между урожаями рядом расположенных делянок.

Во-вторых, очень трудно сравнивать опытные варианты, далеко расположенные друг от друга, что бывает при большом числе (свыше 10-12) изучаемых вариантов.

В-третьих, стандартные методы характеризуются большой громоздкостью и нерациональным использованием земельной площади, особенно при большом числе изучаемых вариантов. Действительно, при размещении стандарта через два опытных варианта около 40%, а через один - более 50% всей площади опыта занято стандартными делянками. Отмеченные недостатки не способствовали широкому распространению стандартных методов в опытной работе.

Стандартные методы иногда используются селекционерами. Например, на первых ступенях отбора, когда из-за недостатка семян нельзя иметь делянку нужной величины и соответствующую повторность, применение стандартных методов вполне обоснованно. Размещая стандарт через один или два испытуемых, систематически проводя визуальное сравнение со стандартом, можно достаточно объективно выявить наиболее перспективные линии.

*Систематическое размещение вариантов* — это такое расположение опыта, когда порядок следования вариантов в каждом повторении подчиняется определенной системе. Имеется много способов размещения вариантов по этому методу. В нашей стране распространены два - последовательный в один ярус и шахматный при расположении повторений в несколько ярусов. Наиболее простым является последовательное расположение - делянок в один ярус. Варианты на делянках всех повторений: располагаются в той последовательности, которая заранее установлена

исследователем на основании главным образом организационно-технических причин - удобства обработки почвы, внесения удобрений, посева, ухода, уборки и т. п. Если, например, в первом повторении для опыта из пяти вариантов намечен порядок 1, 2, 3, 4, 5, то этот же порядок сохраняется во всех остальных повторениях.

При шахматном размещении порядок следования вариантов в повторениях разных ярусов сдвигается, что позволяет полнее охватить каждым вариантом пестроту плодородия участка и несколько уменьшить влияние закономерного варьирования почвенного плодородия на эффект варианта. Чтобы определить число делянок, на которое необходимо сдвинуть размещение вариантов в последующих ярусах, число вариантов опыта делят на число ярусов. Так, при шести вариантах и двухъярусном расположении повторений делянки во втором ярусе необходимо сдвинуть на 3 номера ( $6:2 = 3$ ), а при трехъярусном – на 2 номера в каждом ярусе.

Первоначально в научной агрономии систематические методы размещения опытов занимали господствующее положение. Понять, но на современном этапе развития науки, когда рандомизированные способы получили солидное теоретическое обоснование, ничем, кроме инерции, нельзя объяснить стремление к закладке полевых опытов систематическими методами. Еще менее понятна бездоказательная критика, когда рандомизацию пытаются дискредитировать указаниями, что это якобы «типично позитивистский прием, рассчитанный на то, чтобы отвлечь исследователя от отыскания причин высоких или низких урожаев» или «...при рандомизации мы сознательно подчиняем себя и результаты своих опытов жребию, игре случая». Упрощенные представления о совершенстве и неизбежности методики полевого опыта, разработанной в конце XIX века, бытуют, к сожалению, и среди некоторого круга опытников, что сдерживает внедрение в практику исследований методов, основанных на принципах рандомизации. Не случайно в современных условиях так остро ставится вопрос о совершенствовании принципов управления наукой, планирования и методики экспериментальных работ, о повышении производительности и эффективности научно-исследовательской деятельности. Наука только тогда совершенствуется, тогда поднимается на новую ступень своего развития, когда улучшается методика исследования. Стремление решать научные проблемы на основе качественно новых идей с использованием все более совершенных методов исследования, а не бесконечные серии однотипных экспериментов по установленным ранее взглядам и методикам характеризует передовой научный коллектив, способный внести заметный вклад в развитие теории и практики земледелия.

Рендомизированное размещение вариантов предложено Р.А. Фишером (Англия) на основании предпосылок разработанного им дисперсионного анализа. Такое размещение способствует лучшему охвату каждым вариантом пестроты плодородия почвы, как бы разрушает возможное систематическое изменение плодородия внутри повторения и исключает его однонаправленное влияние на результаты опыта.

Использование случайных способов распределения - одна из характерных особенностей современного периода развития методики полевого эксперимента. В опытах, где варианты размещены систематически, мы в сущности лишаемся возможности опираться при оценке данных на достаточно надежный критерий существенности, используемый в дисперсионном анализе. Может показаться, что рендомизированное размещение крайне неудачно. Жребий дал неприемлемый с точки зрения методики прошлый порядок, а именно в двух случаях вариант 5. Важное достоинство этих методов - простота, а главный недостаток - возможные и часто непредвиденные искажения эффект - по вариантам, а также ненадежность в статистической оценке ошибки опыта. Подавляющее же большинство полевых опытов закладывают сейчас новыми методами, в основу которых положен принцип случайного, или рендомизированного, размещения вариантов.

В связи с тем, что во многих руководствах по методике полевого опыта и в практике опытной работы научному обоснованию расположения вариантов в эксперименте уделяется мало внимания, необходимо осветить этот вопрос более подробно, так (как правильное его решение имеет большое значение для повышения уровня исследований).

## **ТЕМА 2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ ПОЛЕВОГО ОПЫТА.**

Понятие о методике полевого опыта и слагающих ее элементах: число вариантов, площадь, форма и ориентация делянок, повторность, размещение повторений или блоков, делянок и вариантов, метод учета урожая и организация опыта по времени.

Виды ошибок в полевом опыте и источники их возникновения. Влияние основных элементов методики полевого опыта на ошибку эксперимента. Классификация методов размещения вариантов по делянкам опыта: современные (рендомизированные), систематические и стандартные методы. Сравнительная эффективность систематического и рендомизированного размещения вариантов по делянкам в зависимости от характера пространственного варьирования плодородия земельных

участков. Техника рендомизации вариантов (жребий, таблица случайных чисел, готовые рендомизированные схемы).

Характеристика современных методов размещения вариантов (метод неорганизованных и организованных повторений, латинский квадрат, латинский прямоугольник, расщепленные делянки, расщепленные блоки, решетка, смешивание и др.) и условия их применения в опытной работе. Модели дисперсионного анализа этих экспериментов.

### **ТЕМА 3. ПЛАНИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Исследования и разработки, осуществляемые методом полевого эксперимента, включают три основных этапа:

- 1) планирование;
- 2) проведение полевых опытов, наблюдений и учетов;
- 3) обработку и обобщение полученных данных.

Общие принципы и этапы планирования эксперимента. Выбор темы и определение задачи исследования. Патентно-информационный поиск. Изучение современного состояния вопроса и выдвижение рабочей гипотезы. Обоснование актуальности, новизны и практической значимости научной разработки.

Разработка схем однофакторных экспериментов. Требования к схеме опыта. Понятие о кривой отклика. Планирование схем многофакторных опытов и требования к ним. Матрица планирования полного факториального эксперимента (ПФЭ), поверхность отклика, реплики из ПФЭ. Использование математических методов при планировании оптимальной структуры эксперимента. Принципы построения моделей при изучении биологических объектов. Виды моделирования. Разработка моделей и их использование при планировании экспериментов в агрономических исследованиях.

*Планирование – это определение задачи и объектов (растений) исследования, разработка схемы эксперимента, выбор земельного участка и оптимальной структуры полевого опыта.*

Терпение и поспешность при планировании полевого опыта что приводят к быстрому и результативному завершению экспериментальных исследований и разработок. Больше того, спешность может привести к существенным дефектам эксперимента - неправильному выбору градаций изучаемых факторов, контрольных и опытных вариантов, неоправданному увеличению объема работ, что сильно затрудняет техническое проведение опыта, снижает достоверность данных и обходится инком дорого. Ошибки,

допущенные при планировании, нельзя исправить в последующем ни тщательным проведением опытной работы,

Период, предшествующий исследованию, включает:

- 1) выбор темы, определение задачи и объекта исследования;
- 2) изучение ремённого состояния вопроса;
- 3) выдвижение рабочей гипотезы или ряда конкурирующих гипотез;
- 4) разработку схемы методики эксперимента.

Эта часть работы, пожалуй, самая трудная и ответственная.

Необходимо четко сформулировать цель исследования, построить логическую модель изучаемого явления и правильно выбрать стратегию, которая определяет методы и приемы исследования.

Следующий этап планирования – изучение литературы по данной проблеме и выдвижение рабочей гипотезы или ряда конкурирующих гипотез. Рабочая гипотеза служит отправным пунктом для составления схемы или ряда схем будущих опытов разработки программы исследования. В программе указывают алгоритмы опытов, основные элементы методики и техники эксперимента, наблюдения и учеты.

Сложным и ответственным этапом планирования является разработка схемы и методики опыта, выбор полевых и лабораторных наблюдений (анализов) и учетов для оценки и объяснения действия изучаемых факторов. Надежность результатов эксперимента и соответствие их поставленной задаче зависят от правильного решения основного вопроса планирования - разработки рациональной схемы полевого опыта.

Однофакторные опыты. При планировании схем однофакторных экспериментов, которые каждый год закладывают на новых земельных участках, следует иметь в виду два основных момента:

**Во-первых**, варианты в однофакторном опыте могут различаться качественно: опыты по изучению и сравнительной оценке сортов и культур, способов посева и обработки почвы, предшественников, разных форм удобрений, пестицидов и т. п.

**Во-вторых**, варианты в опыте могут иметь количественные градации изучаемых факторов: опыты с дозами удобрений, нормами полива, глубиной обработки почвы, нормами посева семян и т. п.

Сравнительно просто решается вопрос о схемах однофакторных опытов, в которых варианты различаются качественно. Например, если экспериментатор планирует изучить пять сортов озимой пшеницы или пять способов обработки почвы, схема опыта будет включать пять вариантов *A*, *B*, *C*, *D*, *E*. В общем виде схему однофакторных опытов с качественными градациями можно записать так: *A*, *B*, *C*, *D*, ..... *Z*.

При разработке схем однофакторных опытов, в которых варианты различаются качественно, важно выдержать принцип единственного различия, правильно выбрать контрольный вариант (стандарт) и определить сопутствующие, не изучаемые в опыте оптимальные агротехнические условия эксперимента (фон).

Для схем однофакторных полевых опытов с количественными градациями, кроме перечисленных выше требований, необходимо правильно установить единицу варьирования для доз изучаемого фактора и число градаций (доз). Важно так составить схему опыта, чтобы на основании экспериментальных точек - эффектов вариантов можно было построить кривую отзывчивости (отклика), которая будет характеризовать зависимость урожая от изменения изучаемых градаций фактора. Обычно связь между урожаем и возрастающими дозами одного фактора нелинейна. Поэтому желательно иметь достаточное число доз в широком диапазоне. Необходимо стремиться установить или равные интервалы между градациями фактора, или, если это можно предугадать, назначить больше градаций в местах перегибов кривой отзывчивости.

Обычно достаточно иметь 5-8 уровней (доз, градаций) изучаемого фактора. При этом важно так установить основной уровень, т. е. ту центральную точку на кривой отзывчивости, чтобы по мере движения к крайним (экстремальным) значением эксперимент охватывал бы лимитирующую, стационарную и ингибирующую область этой кривой. Таким образом, успешное решение поставленной перед экспериментатором задачи зависит от удачного выбора основного уровня (центра эксперимента) и единицы (шага) варьирования.

Подчеркнем принципиальное различие между однофакторными опытами с качественными (дискретными, прерывистыми) и количественными (непрерывными) факторами, имеющее отношение к планированию повторности. В первом случае важно переопределить прибавку урожая в сравнении с контролем (стандартом), т. е. эффект варианта, и для этого необходима достаточно обычно 4-6-кратная повторность. Во втором случае важно определить форму кривой отзывчивости, для этого надо иметь достаточное число градаций (доз) фактора в широком диапазоне и, следовательно, выгоднее иметь больше вариантов не повышая повторность сверх 3-4-кратной.

#### **ТЕМА 4. ПЛАНИРОВАНИЕ НАБЛЮДЕНИЙ И УЧЕТОВ**

Планирование затрат на проведение экспериментов в агрономии.

Планирование наблюдений и учетов в опыте. Основные требования к наблюдениям и учетам в опыте и общие принципы планирования. Типы выборок и требования к выборке. Сроки и частота проведения наблюдений и учетов. Планирование размера выборки при количественной и качественной изменчивости в опыте. Эффективность различных методов отбора растительных и почвенных проб. Агрохимические, агрофизические, биологические, биометрические, энтомологические, фитопатологические наблюдения и учеты, наблюдения и учеты по оценке качества сельскохозяйственной продукции.

Полевые опыты сопровождаются однократными и периодическими количественными и качественными наблюдениями за растениями, за факторами жизни и условиями внешней среды.

В зависимости от задач исследования могут преобладать полевые или лабораторные наблюдения (анализы) или за растениями, или за факторами и условиями их развития. Чтобы получить надежные данные в этих исследованиях при разработке программы полевых и лабораторных наблюдений, экспериментатор должен решить следующие вопросы:

- 1) какие наблюдения, анализы и учеты включить в программу;
- 2) в какие сроки проводить наблюдения и учеты;
- 3) определить оптимальный объем выборок (проб)
- 4) обеспечить представительность отбираемых выборок.

Полевой опыт – особая форма выборки, в которой элементарной единицей первого порядка служит делянка. Согласно современной теории выборочного метода, рендомизированный отбор устраняет смещение оценки, значительно улучшает качество информации, позволяет экспериментатору использовать статистические методы обработки данных.

**Многолетние стационарные опыты.** Принципиально новым моментом планирования в этих опытах является время как экспериментальный фактор, позволяющий изучать долгосрочную тенденцию действия опытных вариантов. Особенно широко многолетние опыты используются в исследованиях по сравнительной оценке севооборотов, систем обработки и удобрения, в экспериментах с плодовыми и другими растениями.

Многолетние опыты планируются в два этапа: на первом этапе разрабатывают основную схему, на втором - методику развертывания эксперимента во времени и на территории. Первый этап планирования многолетнего эксперимента не отличается от планирования схем краткосрочных опытов. Схема долгосрочного стационара может быть однофакторной или многофакторной с качественными или количественными градациями факторов. Минимальная продолжительность опыта - ротация

севооборота. Следующие системы развертывания многолетних опытов на территории и во времени.

1. Опыт развертывается сразу на всех полях севооборота, что дает значительный выигрыш во времени и ежегодно обеспечивает получение информации по каждой культуре севооборота. Однако в первые годы не все культуры размещают по тем предшественникам, которые предусмотрены по севообороту, а некоторые из них (клевер, люцерна) нельзя ввести в первые годы исследования. Поэтому для ряда полей первые 1-2 года - это предварительный условный период опыта. Метод развертывания опыта сразу на всех полях целесообразен при работе с небольшим числом изучаемых вариантов в севооборотах с короткой ротацией. При работе в 6-12-польных севооборота этот метод часто вызывает организационно-методические затруднения, ведет к постановке громоздких опытов и получению ненадежной информации из-за сильного варьирования плодородия почвы на больших земельных участках и систематического нарушения принципа единственного различия.

2. Опыт развертывается сразу, но только на нескольких, обычно двух-четырех полях, но нередко и на одном поле многопольного севооборота. Чем меньше берется полей тем компактнее размещается опыт, но изучаемые культуры не охватывают разные метеорологические условия всей ротации севооборота. Возникают опасения, что информация будет сильно искажена, особенно при работе на одном - двух полях, когда за ротацию будут получены лишь одно - двухлетние наблюдения.

## **ТЕМА 5. ТЕХНИКА ЗАКЛАДКИ И ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА.**

Техника закладки и проведения опыта. Этапы закладки лабораторного, вегетационного, лизиметрического, вегетационно-полевого, полевого опытов. Требования к полевым работам на опытном участке, обработка почвы, внесение удобрений, посев и посадка, уход за растениями. Специальные работы по уходу за опытом: поделка и прочистка дорожек, отбивка защитных полос, этикетирование и т.п.

Подготовка опыта к уборке и учету урожая. Понятие о выключках. Объективные основания для выключек и браковки делянок.

Основные требования к способам уборки урожая. Методы учета урожая: сплошной учет и учет по пробным снопам. Особенности учета урожая отдельных культур: зерновых, пропашных, технических, кормовых, овощных и плодовых.

Предварительная обработка опытных данных (усреднение, приведение к стандартной влажности и засоренности, приведение данных к сравниваемому виду, браковка "сомнительных" дат, восстановление выпавших дат и т.д.

Методика расчета экономической и энергетической эффективности (основные подходы). Методы поправок на изреженность пропашных культур. Использование ковариационного анализа для уточнения эксперимента и выравнивания не изучаемых в опыте факторов (разная густота стояния растений, неодинаковое исходное состояние многолетних деревьев и др.).

Частные вопросы методики полевого эксперимента. Методика полевых опытов по защите почв от эрозии. Опыты по защите почв от водной эрозии. Опыты по защите почв от ветровой эрозии. Полевые опыты на полях, защищенных лесными полосами. Особенности методики и техники опытов в условиях орошения. Особенности методики опытов в Госсортосети.

Методика проведения опытов с овощными, плодовыми, лекарственными культурами, виноградом. Опыты с овощными культурами открытого грунта. Опыты с овощными культурами в сооружениях защищенного грунта. Опыты с плодовыми и ягодными культурами и виноградом. Опыты с лекарственными и декоративно-цветочными культурами. Техника закладки и проведения опытов с плодовыми, ягодными, овощными культурами и виноградом. Особенности исследований в технологии хранения и переработки полевых культур, плодоовощной продукции и винограда.

Особенности закладки и проведения опытов на сенокосах и пастбищах. Особенности методики и техники постановки полевых опытов в условиях производства. Опыты-пробы, точные сравнительные полевые опыты, демонстрационные опыты, учет хозяйственной эффективности новых агротехнических мероприятий.

## **ТЕМА 6. ПЛАНИРОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПЫТА.**

Особое внимание при планировании следует обратить на правильное сочетание основных элементов методики и в зависимости от целей исследования, мы опыта, земельного участка и технических возможностей установить наиболее рациональное направление, форму делянки, повторность, систему расположения повторений, делянок и вариантов. Планируя полевой опыт, нужно помнить, урожай должен быть учтен в короткие сроки сплошным методом.

Важно правильно ориентировать делянки на территории опытного участка.

Общее требование к их ориентации следующие: *делянки необходимо расположить длинной стороной в том направлении, в каком сильнее всего изменяются не изучаемые в опыте условия жизни растений, Например*

*плодородие почвы дельного участка, господствующие ветры, действие лесополос, изгороди и т. п.* Это общее требование следует соблюдать всегда, кроме специальных опытов по изучению эрозии почвы влияния склонов разной крутизны.

Необходимая повторность будущего опыта при установленной площади и форме делянки определяется в основном характером территориальной изменчивости земельного участка и заданной величиной ошибки опыта. Пестроту почвенных условий устанавливают по данным дробного учета или глазомерной оценки уравнительного посева. Если таких данных нет, используют результаты предшествующей работы в аналогичных условиях. Значение ошибки устанавливает исследователь; величина этого показателя зависит от масштаба тех различий, которые предполагается получить между вариантами. Чем больше предполагаемый эффект от изучаемых приемов, тем больше может быть и ошибка, и, наоборот, для доказательства незначительных различий между вариантами необходимо иметь опыт с меньшей ошибкой.

В полевом эксперименте наименьшая существенная разность примерно равна утроенной ошибке среднего ( $НСР_{05} = 3S_x$ ), и, следовательно, ошибка опыта должна быть втрое меньше предполагаемых минимальных эффектов вариантов.

Экспериментатор предполагает, что изучаемые в опыте мероприятия увеличат урожай (или другой результативный признак) в сравнении со стандартом не менее чем на 6 ц на 1 га, достаточно иметь опыт с ошибкой 2 ц на 1 га ( $6:3 = 2$ ), если минимальный эффект принят в 4 ц на 1 га, то  $S_x = 1,3$  ц на 1 га ( $4:3=1,3$ ), чтобы доказать эффекты порядка 1-1,5 ц на 1 га, ошибка опыта должна быть около 0,3-0,5 ц на 1 га.

## **ТЕМА 7. ДОКУМЕНТАЦИЯ И ОТЧЕТНОСТЬ**

Документация и отчетность. Первичные (полевой дневник, вспомогательные документы) и основные (журнал полевого опыта, отчеты, диссертации, статьи и т.п.) документы. Порядок ведения, хранения и проверки документации по опытам. Требования к научному отчету, основные разделы научного отчета. Литературное оформление документации по опыту. Обсуждение результатов исследований и разработка организационно-технических мер по внедрению научного достижения в производство. Реклама и реализация (продажа) научных разработок.

## ТЕМА 8. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ И КАЧЕСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

К количественным относят признаки, которые могут быть охарактеризованы количественно, урожай с делянки, число, высота и масса растений, содержание белка и клейковины в зерне и т. д.

Различают два вида количественной изменчивости: непрерывную и прерывистую или дискретную. В первом случае значения признака выражены мерами объема, длины, массы и т. д., во втором различия между единицами наблюдения выражаются целыми числами, между которыми нет и не может быть переходов, например число зерен в колосе и т. д.

Выборки, состоящие из 20-30 единиц наблюдения, называют малыми, а выборки большего объема - большими.

После изучения выборочная совокупность представляет собой ряд варьирующих значений признака, записанных в той последовательности, в какой они были получены.

Если через  $X$  обозначены отдельные значения признака в малых выборках и групповые средние в больших;

$X$  - преобразованные значения исходных дат;

$A$  - произвольное начало, условная средняя;

$f$  - частота, численность группы;

$n$  - объем выборки;

$t$  - теоретическое значение критерия Стьюдента.

Для вычисления средней арифметической и суммы квадратов (числитель дисперсии) в таблице дано несколько формул. Все они дают практически одинаковые результаты.

При вычислениях исходные даты целесообразно преобразовать так, чтобы отбросить лишние цифры и опустить запятые. Последние потом вновь восстанавливают. Преобразование (кодирование) может осуществляться вычитанием от результатов измерений одного и того же числа  $L$ , умножением или делением исходных дат на одно и то же число  $K$ , а также одновременным проведением двух действий.

При работе с преобразованными (закодированными) датами необходимо иметь в виду, что вычитание или прибавление условной средней  $A$ , т. е. изменение начала отсчета, не оказывает влияния на сумму квадратов и поправка необходима лишь формула.

**Формулы для вычисления статистических характеристик выборки при количественной изменчивости.** Показатели: Средняя арифметическая. Коэффициент вариации. Ошибка средней. Стандартное отклонение.

Дисперсия. Доверительный интервал для среднего значения. Степень свободы.

**Формулы для вычисления статистических характеристик выборки при качественной изменчивости.** Показатели: Доля признака при  $k = 2$  при  $k > 2$ ; Стандартное отклонение при  $k = 2$  при  $k > 2$ . Коэффициент вариации. Ошибка доли. Доверительный интервал для доли признака в совокупности. Степень свободы.

**Пример 1.** При просмотре 500 растений льна было обнаружено 50 растений, пораженных фузариозом. Определить 95%-ные и 99%-ные доверительные интервалы для генеральной доли пораженных растений в совокупности.

**Решение.** Исходные данные при альтернативной (двоичной) изменчивости распределяют по двум группам. Первая группа - растения, имеющие признак, в нашем примере - пораженные растения ( $n_1 = 50$ ), и вторая группа - растения, у которых этот признак отсутствует, т. е. здоровые растения ( $n_2 = N - n_1 = 500 - 50 = 450$ ).

Вычисления сводных характеристик выборки ведут в такой последовательности:

а) доля пораженных ( $p$ ) и здоровых ( $\partial$ ) растений;

$$p = n_1 / N = 50 / 500 = 0,10 \%; \partial = 1 - p = 1 - 0,10 = 0,90\%.$$

б) стандартное отклонение доли;  $s = \sqrt{pq} = \sqrt{0,10 \times 0,90} = 0,30\%$

в) коэффициент вариации (при  $k = 2$ ;  $S_{\text{Макс}} = 0,50$ ).

$$V_p = S / S_{\text{Макс}} \times 100 = 0,30 / 0,50 \times 100 = 60,0\%.$$

г) Ошибка выборочной доли.  $Sp = \sqrt{pq} / N = \sqrt{0,10 \times 0,90} / 500 = 0,013\%$

д) Доверительный интервал для доли признака в совокупности.

$$p \pm t_{05} Sp = 0,10 \pm 1,96 \div 0,013 = 0,10 \pm 0,025 \text{ ( } 0,075 \div 0,125 \text{ или } 7,5 \div 12,5 \text{ \%)}$$

Таким образом генеральная доля растений, пораженных фузариозом в изучаемой совокупности с 95%-ным уровнем вероятности, составляет 7,5 – 12,5 %, ошибка репрезентативности  $Sp = 1,3\%$ , коэффициент вариации 60,0%.

## **МАЛЫЕ ВЫБОРКИ (НЕСГРУППИРОВАННЫЕ ДАННЫЕ).**

**Совокупность и выборка.** Понятие об изменчивости, совокупности и выборке. Распределение частот и его графическое изображение. Статистические характеристики количественной изменчивости. Критерии существенности.

**Пример 1.** При определении содержания фосфора в растительном материале получен следующие результаты (в г  $P_2O_5$  на 100 г сухого вещества): 0,56; 0,53; 0,49; 0,57; 0,48. Необходимо вычислить  $\bar{x}$ ,  $s_x$  - 95%-ные и 99%-ные доверительные интервалы для среднего значения совокупности.

**Решение.** Целесообразно исходные данные преобразовать по соотношению  $X = XK - A = X - 100 - 50$ , т. е. умножить каждое значение  $X$  на 100, а затем отнять условную среднюю  $A = 50$ . В итоге получим ряд однозначных цифр, удобных для вычисления статистических показателей. При наличии вычислительной машины расчеты можно вести без преобразования по исходным данным.

Теоретические значения  $t$  берут из таблицы 1 приложения для 5%-ного и 1%-ного уровня значимости при степенях свободы  $n - 1 = 5 - 1 = 4$ .

Итак, средняя изучаемой совокупности с 95%-ным уровнем вероятности находится в интервале 0,48-0,58 и с 99%-ным уровнем – в интервале 0,44-0,61 г.  $P_2O_5$  на 100 г сухого вещества.

Вероятность ошибочного заключения в первом случае составляет 5%, а во втором – 1%. Абсолютная ошибка средней  $S_x = 0,018$  г и относительная ошибка  $S_x\% = 3,42\%$ ; коэффициент вариации  $V = 7,6\%$  характеризует в данном примере ошибку параллельных анализов.

**Пример 2.** В вегетационном опыте получены урожаи томатов по параллельным сосудам (г/сосуд): 578, 564, 539, 604, 551, 468.

Определить  $S_x\%$ ,  $S_x$ ,  $V$  и 95%-ный доверительный интервал для среднего значения совокупности.

**БОЛЬШИЕ ВЫБОРКИ (СГРУППИРОВАННЫЕ ДАННЫЕ).** При большом числе исходных наблюдений результаты необходимо представить в виде систематизированного вариационного ряда. Систематизация сводится к распределению отдельных значений по группам, или классам.

Число групп зависит от объема выборки:

при 30—60 наблюдениях рекомендуется выделить 6—7 групп,

при 60—100 наблюдениях – 7-8,

а если число наблюдений более 100, то выделяют 8—15 групп.

Ориентировочно число групп равно корню квадратному из общего числа наблюдений:

**Эмпирические и теоретические распределения.**

## ТЕМА 9. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОВЕРКИ ГИПОТЕЗ

**Статистические методы проверки гипотез.** Точечная и интервальная оценки параметров распределения. Понятие о нулевой гипотезе и методах ее проверки. Оценка существенности разности выборочных средних по  $t$ -

критерию. Непараметрические критерии. Проверка гипотезы о принадлежности «сомнительной» даты к совокупности. Оценка соответствия между двумя независимыми распределениями, наблюдаемыми и ожидаемыми (теоретическими) распределениями по критерию хи-квадрат (%). Разложение % на компоненты. Оценка различий между дисперсиями по критерию F.

**Оценка эффективности рандомизированного и систематического методов размещения вариантов.** Качество информации, получаемой в опытах с систематическим и рандомизированным размещением вариантов, заслуживает пристального внимания широкого круга специалистов и имеет большое значение для повышения уровня экспериментальных работ.

Среди исследователей существуют расхождения в оценке систематических и рандомизированных методов. В. Н. Перегудов считает рандомизацию обязательным требованием: если экспериментатор дорожит объективностью, он должен применять случайное размещение вариантов. В отечественных руководствах по применению статистики в биологии, химии, технике (Л. М. Длин, В. В. Налимов, Н. А. Плохинский, В. Г. Вольф и др.), а также в зарубежных работах по методике полевого опыта и статистическим методам оценки результатов исследований (Р.А. Фишер, Дж.У. Снедекор, Дж. Уишарт и Г. Сандерс, Н. Бейли, Д. Дейк и др.) рандомизация рассматривается как основа построения современных схем эксперимента, способствующая получению объективной информации об изучаемом явлении.

Однако некоторые исследователи в области агрономии полагают, что требование случайной выборки и рандомизации вариантов в полевом опыте научно не обосновано, случайность в эксперименте они считают неуместной и даже вредной, а рандомизацию, по их мнению, вообще нельзя рекомендовать. В прошлом правильной оценке рандомизации длительное время препятствовало тенденциозное отношение к ней некоторых биологов, недостаточно знакомых с дисперсионным анализом и теорией выборочного метода исследования.

## **ТЕМА 10. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ**

### **Дисперсионный анализ однофакторного опыта**

Сущность и основы метода. Оценка существенности разности между выборочными средними. Схемы (модели) дисперсионного анализа результатов однофакторных и многофакторных лабораторных, вегетационных и полевых опытов.

Проверка основных предпосылок дисперсионного анализа (проверка гипотезы нормальности по критерию Тьюки и гипотезы однородности дисперсий по критерию Бартлетта).

Трансформация исходных данных (логарифмические, извлечение квадратного корня, трансформация в угол-арксинус и др.). Дисперсионный анализ многосборовых культур и данных многолетних опытов. Дисперсионный анализ неортогональных комплексов.

### **Дисперсионный анализ многофакторного опыта**

**Многофакторные опыты.** Принципиальная особенность многофакторного опыта – возможность установить действие изучаемых факторов, характер и величину их взаимодействия при совместном применении.

Чтобы на основе данных многофакторного эксперимента можно было вычислить эффекты действия и взаимодействия факторов при планировании его схемы, необходимо выдержать принцип **ф а к т о р и а л ь н о с т и**. Суть принципа факториальности заключается в том, что схема должна предусматривать испытание всех возможных сочетаний намеченных к изучению факторов и их градаций (доз).

В факториальных опытах может изучаться действие и взаимодействие как количественных, так и качественных факторов и их градаций.

Схема полного факториального, эксперимента обладает рядом важных преимуществ перед однофакторным, среди которых летим следующие.

1. Опытные данные показывают влияние каждого фактора различных условиях, создаваемых изменением других фактора.
2. Испытание различных сочетаний факторов позволяет получить более надежные основания для практических рекомендаций, остающихся пригодными и при изменяющихся условиях.

При независимом действии факторов один многофакторный опыт дает столько же информации о каждом из них, какие бы весь эксперимент был посвящен исследованию только одного фактора.

Исследования, выполненные ВИУА (В.Н. Перегудов, Т.И. Иванова и др., 1976), показали, что противоречия между много вариантностью и требованием иметь компактные территориальные размеры опыта можно разрешить двумя путями.

Во-первых, переходом к конструированию неполных факториальных схем, которые представляют собой специальные выборки из полных. Эти схемы должны равномерно охватывать всю область взятых для изучения градаций факторов, но содержать значительно меньше вариантов.

И, во-вторых, путем использования для постановки метода смешивания, предложенного Р.А. Фишером (Англия), суть которого – блокировка вариан-

тов в компактные сравнимые группы (блоки) внутри каждого повторения. При блокировке экспериментатор намеренно жертвует взаимодействиями высшего порядка, например тройным взаимодействием *ABC*, которое в условиях полевых опытов, как правило, несущественно и не представляет интереса, смешивает их с между блоковыми различиями, чтобы более точно сравнить варианты внутри блока.

Блоки внутри повторений. Подробно планирование многовариантных факториальных схем, методика блокировки вариантов и математический анализ многофакторных опытов изложены в специальных руководствах.

## **ТЕМА 11. КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ, РЕГРЕССИОННЫЙ И КОВАРИАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ.**

**Корреляция и регрессия.** Значение корреляционного и регрессионного анализов в опытной работе. Коэффициент, ошибка и существенность прямолинейной корреляции. Возможные значения коэффициента корреляции и основные методы его вычисления. Множественная и криволинейная корреляция. Понятие о регрессии и коэффициенте регрессии. Коэффициенты корреляции рангов. Использование корреляционного и регрессионного анализов для моделирования условий эксперимента.

**Использование ковариационного анализа для уточнения эксперимента.** Основные условия эффективного применения ковариации для статистического выравнивания неконтролируемых условий опыта.

Пробит-анализ - статистический метод расчета силы действия повреждающих факторов на биологические объекты. Формализация пробит-анализа с помощью уравнения регрессии.

Применение новых статистических методов для планирования и обработки результатов агрономических исследований: метод интегральных кривых, факторный, компонентный, кластерный, информационно-логический анализы и др.

Обработка данных многолетних и длительных экспериментов с использованием динамических моделей.

В агрономических исследованиях редко приходится иметь дело с точными и определенными функциональными связями, когда каждому значению одной величины соответствует строго определенное значение другой величины. Здесь чаще встречаются такие соотношения между переменными, когда каждому значению признака *X* соответствует не одно, а множество возможных значений признака *Y*, т. е. их распределение. Такие связи, обнаруживаемые лишь при массовом изучении признаков, в отличие от

функциональных называются стохастическими (вероятностными) или корреляционными.

При изучении корреляционных связей возникают два основных вопроса - о тесноте связи и о форме связи. Для измерения тесноты и формы связи используют специальные статистические методы, называемые корреляцией и регрессией. По форме корреляция может быть линейной и кривой нелинейной, по направлению прямой и обратной. Корреляция и регрессию называют простой, если исследуется связь у двумя признаками, и множественной, когда изучается зависимость между тремя и более признаками. Регрессионный и ковариационный анализы приобретают все большее значение в современных исследованиях по биологии и агрономии. Под регрессией понимается изменение результативного признака  $Y$  (функции) при определенном изменении одного или нескольких факториальных (аргументов).

Связь между функцией и аргументом выражается уравнением регрессии или корреляционным уравнением.

При простой регрессии уравнение кратко обозначается  $Y = I(x)$  и при множественной  $Y = f(X, Z, V \dots)$ . Если теснота связи между признаками велика, то по уравнению регрессии можно предсказать значение результативного признака для определенных значений факториальных признаков. Для оценки тесноты (силы) связи используют коэффициенты корреляции и корреляционное отношение. Совместное применение методов корреляции, регрессии и дисперсионного анализа для уточнения эксперимента получило название ковариационного анализа. Слово ковариация составлено из 2 начальных букв слова корреляция и из слова вариация. Суть ковариационного анализа сводится к следующему. Если между результативным признаком  $Y$  и сопутствующим эксперименту не изучаемым признаком  $X$  имеет место значимая линейная связь, то методом ковариации можно статистически выровнять условия проведения опыта в отношении признака  $X$  и тем заметно снизить ошибку эксперимента и получить больше информации об изучаемом явлении.

## **ТЕМА 12. ПЛАНИРОВАНИЕ СХЕМЫ И СТРУКТУРЫ ОПЫТА. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ**

На практических занятиях аспиранты должны спланировать схему и структуру полевого эксперимента на самостоятельно избранную или заданную преподавателем тему, статистически обработать данные

наблюдений полевых и вегетационных опытов, выполнить ряд контрольных заданий.

Методы работы на лабораторно-практических занятиях - индивидуальное выполнение заданий по материалам полевых и лабораторных, опытов и наблюдений кафедр в соответствии со специальностью и специализации. Если студенты имеют экспериментальный материал, полученный при выполнении научно-агрономической практики, он также может быть использован на лабораторных занятиях. При наличии ЭВМ и соответствующего программного обеспечения работы выполняются с использованием современных компьютеров.

В зависимости от специфики вузов задание по планированию опыта студенты могут получить вначале изучения курса. Работа выполняется в соответствии с тематикой выпускаемых кафедр и является зачетной.

### **ТЕМА 13. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПРОГРАММЫ НАБЛЮДЕНИЙ**

Все многообразие действия не изучаемых в опыте факторов результативный признак можно свести к следующим четырем наиболее типичным случаям.

1. На земельном участке нет четко выраженных условий, которые могут оказывать одностороннее влияние на результативный признак, и делянки могут быть ориентированы на территории в направлении, наиболее приемлемом по организационным соображениям.

2. Незуучаемые условия возделывания на опытном участке которого изменяются в одном направлении (вдоль одного вектора: роль склона, в направлении к лесополосе, реке и т. п.). Ориентация делянок должна быть в том же направлении, в каком меняются незуучаемые условия.

3. Незуучаемые условия возделывания варьируют в двух перпендикулярных направлениях (двухсторонний он, склон и лесополоса, лесополоса и изгородь и т. п.) ориентация делянок должна учитывать оба воздействия, и в результате наложения делянок, ориентированных в двух направлениях, получается схема, известная под названием латинский квадрат.

4. Незуучаемые условия изменяется трех направлениях, в таких случаях необходимо использовать наиболее сложную схему размещения делянок и вариантов, которая позволяет учесть и в значительной степени сбалансировать действие сильной неоднородности условий возделывания на результативный признак. Возможных вариантов: изучаемые факторы размещаются по рядам, столбцам и четырем блокам, расположенным по диагоналям. Каждый ряд, столбец и блок имеет полный набор изучаемых

факторов, что позволяет методом дисперсионного анализа вычленить варьирование рядов, столбцов и блоков и, сэлиминировать влияние трех векторов на результативный признак.

**Экзаменационные вопросы  
по дисциплине «Основы и методология научных исследований»**

1. Методы научной агрономии.
2. Многократные опыты.
3. Опыты на пастбищах: каждый вариант опыта - отдельное пастбище.
4. Наблюдения и эксперимент, их отличия.
5. Многолетние стационарные опыты.
6. Опыты на пастбищах, каждая делянка опыта - отдельный загон.
7. Полевой опыт и его содержание.
8. Планирование наблюдений и учетов.
9. Постановка полевых опытов в хозяйствах (колхозах, совхозах)
10. Основные требования, предъявляемые к проведению полевого опыта.
11. Этапы закладки полевого опыта.
12. Виды полевых опытов в хозяйствах.
13. Основные элементы методики полевого опыта.
14. Разбивка опытного участка.
15. Опыты - пробы.
16. Точные сравнительные полевые опыты.
17. Типичность опыта.
18. Требования при внесении удобрений.
19. Демонстрационные опыты.
20. Соблюдение принципа единственного различия.
21. Требования при обработке почвы и посеве.
22. Учет хозяйственной эффективности агротехнических мероприятий
23. Проведение опыта, наблюдений и учетов.
24. Требование по уходу за растениями и опытным участком.
25. Документация и отчетность.
26. Обработка и обобщение полученных данных (учет урожая достоверность опыта по существу).
27. Значение математической статистики для планирования исследований.
28. Классификация опытов.
29. Понятие о вымочках.
30. Понятие об изменчивости, совокупности и выборке.

31. Однофакторные и многофакторные опыты, их роль и значение в агрономии.
32. Основные требования к способам уборки урожая.
33. Распределение частот и его графическое изображение.
34. Особенности условий проведения полевого опыта. Понятие о варьировании плодородия. Подготовка земельного участка.
35. Методы учета урожая.
36. Статистические характеристики количественной изменчивости
37. Форма делянки.
38. Методика полевых опытов по защите почв от водной эрозии.
39. Понятие о нулевой гипотезе и методах ее проверки.
40. Опыты по защите от ветровой эрозии.
41. Оценка существенности разности выборочных средних по F - критерию.
42. Метод рендомизированных повторений.
43. Особенности методики опытов с овощными культурами открытого грунта.
44. Латинский квадрат и прямоугольник.
45. Метод расщепленных делянок.
46. Особенности методики опытов с плодово-ягодными культурами.
47. Планирование эксперимента.
48. Особенности закладки и проведения полевых опытов на сенокосах
49. Понятие о корреляции.
50. Опыты на пастбищах внутри загонное размещение всей схемы опыта.
51. Метод смешивания.
52. Статистические характеристики количественной изменчивости.
53. Классификация методов размещения вариантов.
54. Статистические характеристики качественной изменчивости.
55. Направление делянки.
56. Площадь делянки.
57. Закон распределения  $\chi^2$  (хи - квадрат).
58. Повторность и повторение.
59. Особенность учета урожая овощных культур.
60. Распределение Фишера.
61. Число вариантов.
62. Распределение Стьюдента.
63. Защитные полосы.
64. Первичная обработка данных.
65. Распределение Пуассона.
66. Требования к земельному участку.
67. Метод неорганизованных повторений.

68. Полевые работы на опытном участке.

69. Сущность дисперсионного анализа.

70.- 90. Задачи.

Билет 1.

Задача № 1

Рассчитайте коэффициент регрессии  $b_{yx}$  и коэффициент линейный регрессии  $S_b$ , если известны средние арифметические для ряда X, что составил  $\sum (X - \bar{x})^2 = 366,6$ ; для ряда Y -  $\sum (Y - \bar{y})^2 = 6,3$ ; а  $\sum (X - \bar{x}) - (Y - \bar{y}) = 47,3$  по формулам:  $b_{yx} = \frac{\sum (X - \bar{x}) - (Y - \bar{y})}{\sum (X - \bar{x})^2}$ ;

$S_b = \frac{\sum (X - \bar{x}) - (Y - \bar{y})}{\sum (X - \bar{x})^2}$ ; если стандартная ошибка коэффициента корреляции

$$S_r = 0,67.$$

Билет 2

Задача № 2

Вычислите наименьшую существенную разность для 5 % уровня значимости в абсолютных и относительных показателях; если значение критерия  $t_{05} = 2,13$ , а ошибка разности средних составил 24,5гр, а средний урожай плодов томатов составил  $\bar{x} = 48,4$  г/сосуд.

Билет 3.

Задача № 3.

Рассчитайте коэффициент вариации V, если известны средние арифметические для ряда X :  $(X - \bar{x}) = 23,1$ ; для ряда Y:  $(Y - \bar{y}) = 7,1$ ; а  $(X - \bar{x}) \times (Y - \bar{y}) = 12,1$ .

Билет 4.

Задача № 4.

Вычислите оценки существенности частных различий ошибку опыта  $S_{\bar{x}}$  и ошибку разности средних  $S_d$  если результаты дисперсионного анализа следующие ( T-1).

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F <sub>ф.</sub>	F <sub>05</sub>
Общая	104941	19	-	-	-
Вариантов	86961	4	21740	18,13	3,06
Остаток	17980	15	1199	-	-

Билет 5.

Задача № 5.

Вычислите дисперсию  $S^2$  и  $S$  стандартное отклонение, при числе наблюдений  $N = 100$ , а сумма квадратов  $\sum f (X - \bar{x}) = 17244$ .

Билет 6.

Задача № 6.

Вычислите общее число наблюдений  $N$ , корректирующий фактор  $C$ , суммы  $C$ , если известно урожай плодов томатов.

Таблица 1. Урожай плодов томатов ( кг/га )

Вариантов	Урожай плодов томатов, X			
1 (St)	454	470	430	500
2	502	550	490	507
3	601	670	550	607
4	407	412	475	402

Билет 7.

Задача № 7.

Вычислите коэффициент вариации  $V$ , если известны стандартное отклонение  $S = 13,2$  см, средняя арифметическая  $\bar{x} = 81,6$  см.  $V$  при больших выборках.

Билет 8.

Задача № 8.

Вычислите суммы квадратов отклонений  $\sum u$ , если известны данные урожая по преобразованным датам. (Т-1)

Таблица преобразованных дат.

Варианты	$X_1 = X - 500$				Суммы, V
1	- 46	- 30	- 70	0	- 146
2	2	50	- 10	7	49
3	101	170	50	107	428
4	- 93	- 88	- 25	- 98	- 304
5	- 82	- 30	- 40	- 88	- 240
Общая сумма					$\sum X_1 = 213$

Билет 9.

Задача № 9.

Установите путем разности способом «конвертов» следующих данных:

Группа	Способ «конвертиков»
1. 40,0-49,9	
2. 50,0-59,9	
3. 60,0-69,9	
4. 70-80	

Если выявлены: 68,0; 70; 4; 72,3; 73,0; 70.1; 76.2; 68.4; 69.4; 74.4; 72.2; 69.4; 59.2; 79.9; 45.4; 59.1; 60.1; 63.3; 78.2; 77.0; 79.8; 50.2; 72.4; 68.5; 70.7; 67.0; 69.0; 72.4; 74.4; 66.1; 67.3; 52.0; 79.1; 78.0; 77.0; 76.7; 79.0; 73.5; 79.7; 79.6.

Билет 10.

Задача № 10.

Вычислите суммы квадратов по факторам А и В и их степени свободы, если известны значения фактора А (333,6; 550,6), а у фактора В (230,0; 301,1; 352,8).

Билет 11.

Задача № 11.

Найдите доверительные интервалы для генеральной разности, если известны значения критерия  $t_{05} = 2,1$ ; ошибка разности средних  $Sd = 0,9$ ; разность между выборочными средними  $d = 1,6$ .

Билет 12.

Задача № 12.

Вычислите суммы квадратов по факторам А, Р и взаимодействию АВ, если у фактора А значения составили: 333,6; 550,3; у фактора В: 230,0; 301,1; 352,9. Найти  $CA$ ;  $CB$ ;  $CAB$ .

Билет 13.

Задача № 13.

Вычислите среднеарифметическую  $\bar{x}$ , если известны урожаи.

Таблица 1. Урожай плодов (г/с).

варианты	Урожай, X			
1.	45,3	47,1	43,0	50,1
2.	50,1	55,0	49,1	50,5
3.	60,0	67,1	55,2	60,4
4.	40,5	41,3	47,4	40,4
5.	41,5	47,2	46,0	41,3

Билет 14.

Задача № 14.

Вычислите значения средних квадратов двухфакторного вегетационного опыта 2 x 3, если известны, дисперсия, сумма квадратов, степени свободы. (Т-1).

Таблица Дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат
Общая	3505,2	23	
Фактора А	1956,6	1	
Фактора В	950,3	2	
Взаимодействия АВ	467,6	2	
Остаток	130,7	18	

Билет 15.

Задача № 15.

Рассчитать суммы квадратов  $S_u$  ;  $S_v$  ;  $S_z$  , если урожай плодов составил

Варианты	Урожай, X				Число Наблюдений, n	Суммы, $S_v$	Средняя
1.	454	470	430	500			
2.	502	550	490	503			
3.	601	670	550	607			
4.	407	412	475	402			
5.	418	470	460	412			
Общая сумма					N=	$\sum X=$	$\bar{x} =$

Билет 16.

Задача № 16.

Определите 99 % доверительные интервалы для генеральной средней, если известны следующие значения:  $\bar{x} = 14,8 \%$ ;  $S_{\bar{x}} = 0,2 \%$ ;  $n = 4$ . Критерий  $t_{05}$  при 3-х степеней свободы равен 5,84.

Билет 17.

Задача № 17.

Определите долю признаков  $P_1$ ;  $P_2$ ;  $P_3$ , если получены следующие данные: полностью стекловидные  $n_1 = 658$ ; частично стекловидные  $n_2 = 102$ ; мучнистые  $n_3 = 60$ .

Билет 18.

Задача № 18.

Определите 95% доверительные интервалы для генеральной средней, если известны следующие значения:  $\bar{x} = 14,8\%$ ;  $S\bar{x} = 0,2\%$ ;  $n = 4$ . Критерий при 3 степеней свободы равен 3,18.

Билет 25.

Задача № 19.

Вычислите долю пораженных (P) и здоровых (q) растений, если рассмотрены  $N = 500$  растений, из них пораженных  $n_1 = 50\%$ , здоровых  $n_2 = 450\%$ .

Билет 19.

Задача № 20.

Вычислите значения  $F_{ф.}$ , если известны средний квадратной для вариантов  $Sv^2 = 21740$ , и средний квадрат остатка  $S^2 = 1199$ .

Билет 20.

Задача № 20.

Найдите доверительные интервалы для генеральной разности, если известны значения критерия  $t_{05} = 2,3$ ; ошибка разности средних  $Sd = 0,8$ ; разность между выборочными средними  $d = 1,9$ .

## ГЛОССАРИЙ

**Асимметричное или скошенное распределение** – распределение, отличающееся от нормального увеличением частот правой или левой части вариационной кривой.

**Блок** – часть повторения, компактная группа нескольких делянок опыта; в зарубежной литературе термин применяется как для обозначения обычных повторений, так и собственно блоков – неполных повторений.

**Вариабельность (изменчивость)** – свойство условных единиц – растений, урожаев на параллельных делянках полевого опыта и т.п. отличаться друг от друга даже в однородных совокупностях.

**Вариационный ряд** – ряд данных, в которых указаны значения варьирующего признака в порядке возрастания или убывания и соответствующие им численности объектов – частоты.

**Вариант опыта** – изучаемое растение, сорт, условия возделывания, агротехнический прием или их сочетание.

**Вероятность** – мера объективной возможности события, отношение числа благоприятных случаев к общему числу всех возможных случаев. Обозначается вероятность буквой Р.

**Выключка** – часть учетной делянки, исключенной из учета вследствие случайных повреждений или ошибок, допущенных при проведении опыта.

**Дактиль-метод** – стандартное размещение вариантов, при котором контрольный вариант (стандарт) размещается через два опытных.

**Делянка опытная** – элементарная единица полевого опыта, часть площади опыта, имеющая размер и форму и предназначенная для размещения отдельного варианта.

**Делянка учетная** – часть площади опытной делянки, предназначенная для учета урожая (без боковых и концевых защиток и выключек)

**Дисперсионный анализ** – метод анализа результатов эксперимента, заключающийся в разложении общей изменчивости результативного признака, например урожая, на части-компоненты, соответствующие повторениям, вариантам, ошибкам случайного порядка и т.д. Значимость действия и взаимодействия изучаемых факторов оценивают по F-критерию и  $НСР_{05}$ .

**Дисперсия выборочная** – показатель вариации, изменчивости изучаемого признака.

**Достоверность опыта** – правильно спланированные и реализованные схема и методика проведения опыта, соответствие их поставленным перед исследователем задачам, правильный выбор объекта, условий проведения опыта и метода статистической обработки данных.

**Дробный учет** – учет урожая рекогносцировочного посева одинаковыми делянками.

**Защитная полоса, защита** - краевые части делянок, которые не подвергаются учету и служат для исключения влияния растений соседних вариантов, для предохранения учетной части делянки от случайных повреждений, для разворота машин и орудий.

**Значимость (существенность)** – мера объективной возможности (риск) сделать ошибочное заключение при оценке результатов опыта.

**Изменчивость** – вариабельность, вариация, колеблемость индивидуальных значений признаков  $X$  около среднего значения  $x$ . Основной мерой изменчивости является дисперсия  $S^2$  и стандартное отклонение  $S$ .

**Контроль (стандарт)** – один или несколько вариантов, с которыми сравнивают опытные варианты.

**Корректирующий фактор** – поправка в дисперсионном анализе при расчете квадратов отклонений от условной и средней произвольного начала. Обозначается буквой  $C$ .

**Корреляционный анализ** – статистический метод определения тесноты и формы связи между признаками.

**Корреляция** – взаимосвязь между признаками, заключающаяся в том, что средняя величина значений одного признака меняется в зависимости от изменения другого признака.

**Коэффициент вариации (изменчивости)** - относительный показатель изменчивости признака, представляет отношение стандартного отклонения  $S$  к средней арифметической, выраженное в процентах. Обозначается буквой  $V$ .

**Коэффициент детерминации** -  $d_{yx}$  показывает процент (долю) тех изменений, которые в данном явлении зависят от изучаемого фактора; равняется квадрату коэффициента корреляции  $r^2$ .

**Коэффициент корреляции** – статистический показатель тесноты (силы) связи между признаками. Обозначается буквой  $r$ .

**Коэффициент регрессии** -  $b_{yx}$  – число, показывающее, в каком направлении и на какую величину изменяется в среднем зависимая

переменная  $y$  (результативный признак) при изменении независимой переменной  $X$  на единицу измерения.

**Латинский квадрат** – схема рендомизированного (случайного) размещения вариантов в полевом опыте, в котором делянки располагаются рядами и столбцами ( $4 \times 4$ ,  $5 \times 5$ ,  $6 \times 6$  и т.д.). В каждом ряду и столбце должен быть полный набор вариантов схемы (повторения) и, следовательно, в латинском квадрате число повторений равно числу вариантов, и общее число делянок равно квадрату числа вариантов.

**Латинский прямоугольник** – схема рендомизированного (случайного) размещения вариантов в полевом опыте. В основе лежит латинский квадрат, который определяет повторность опыта, число рядов и столбцов. Число вариантов должно быть кратным повторности ( $4 \times 4 \times 3$ ), (повторность  $n=4$ , число вариантов  $l=4 \times 3=12$ ).

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

**Метод рендомизированных (случайных) повторений** – эксперимент, в котором варианты по делянкам размещены в случайном порядке по таблице случайных чисел или по жребию. Это наиболее распространенный метод размещения вариантов.

**Методика полевого опыта** – совокупность слагающих её элементов: число вариантов, площадь делянок, их форма и направление, повторность, система размещения вариантов, повторений и делянок на территории, метод учета урожая, организация опыта во времени, а также метод статистического анализа данных.

**Наименьшая существенная разность (НСР)** – величина, указывающая границу возможных случайных отклонений в эксперименте; это та минимальная разность в урожаях между средними, которая в данном опыте признается существенной при 5 %-ном ( $НСР_{05}$ ) или 1 %-ном ( $НСР_{01}$ ) уровне значимости.

**Ошибка опыта, выборки** – мера расхождения между результатами выборочного исследования и истинным значением измеряемой величины. При обработке результатов полевого опыта методом дисперсионного анализа определяется обобщенная

ошибка средних, выражаемая в тех же единицах, что и изучаемый признак. Ошибка  $S_{\bar{x}}$ , выраженная в процентах от соответствующей средней, называется относительной ошибкой опыта или выборки ( $S_{\bar{x}}\%$ ). В полевом опыте величина  $S_{\bar{x}}\%$  (старое обозначение  $m\%$  или  $P$ ) часто без учета уровня урожайности используется в качестве показателя, характеризующего «точность опыта».

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

**Повторность** – число одноименных делянок каждого варианта в данном полевом опыте. Повторность опыта во времени – число лет испытания агротехнических приёмов или сортов.

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

**Рекогносцировочный посев (разведывательный)** – сплошной посев одной культуры, предшествующий закладке полевого опыта и проводимый для выявления степени однородности (путем подробного учета урожая) почвенного плодородия на площади опыта.

**Рендомизированное (случайное) размещение вариантов** – такое расположение полевого опыта, когда порядок следования вариантов в каждом повторении определяется по жребию или таблице случайных чисел.

**Ямб-метод** – стандартное размещение вариантов, при котором опытный вариант чередуется со стандартом.

**Систематическое размещение вариантов** - такое расположение полевого опыта, когда порядок следования вариантов в каждом повторении подчиняется определенной системе (последовательно, в шахматном порядке).

**Стандартное размещение вариантов** - такое расположение полевого опыта, когда контрольные варианты (стандарты) располагаются через 1-2 опытных варианта.

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

**Типичность (репрезентативность)** – соответствие условий проведения опыта почвенно-климатическим и агротехническим условиям сельскохозяйственного производства данной зоны.

**Точность опыта (относительная ошибка)  $S_{\bar{x}}\%$**  - ошибка средней  $S_{\bar{x}}\%$ , выраженная в процентах от соответствующей средней (см. ошибка опыта).

**Уравнительный посев** – сплошной посев одной культуры для повышения плодородия почвы участка, выбранного для закладки опыта.

**Учет урожая по пробным снопам** – метод учета урожая, при котором взвешивают и учитывают общую массу урожая со всей площади каждой учетной делянки, а товарную часть (зерно, сено и т.п.) рассчитывают по данным учета с пробных снопов, отбираемых от общей массы урожая перед ее взвешиванием в поле.

**Учёт урожая сплошной** – метод учета урожая, при котором всю товарную часть продукции (зерно, клубни, волокно, сено и т.п.) взвешивают и учитывают со всей площади каждой учетной делянки полевого опыта.

**Факториальный опыт (ПФЭ)** – многофакторный опыт, схема которого включает все возможные сочетания факторов, что позволяет установить действие и взаимодействие изучаемых факторов.

**Число степеней свободы** – число свободно варьирующих величин. Обозначается буквой  $\nu$  и в простейшем случае равно числу всех наблюдений минус единица ( $n - 1$ ).

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

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985
2. Литл Т, Хилз Ф. Сельскохозяйственное дело. Планирование и анализ. (Пер. с английского Б.Д. Кирюшина, М. Колос, 1981.
3. Пирс С. Полевые опыты с плодовыми деревьями (Перев. с англ. М., Колос, 1989.
4. Опытное дело в полеводстве (С.С. Сдобников, А.А. Зенин, К.Н. Саранин и др. : под редакцией проф. Г.Ф. Никитенко. М.: Россельхозиздат, 1982

5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый /Под редакцией д. с.-х. н. М.А. Федина. М., 1979.
6. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве / Под ред. Д. с.-х.н. В.Ф. Белина, и к.б.н. Г.Л. Бондаренко.
7. Рычков В.А., Наумова М.С. Задания и методические указания по курсу «Методика опытного дела». Иркутск 1988.
8. Васильев И.П., Усманов Р.Р. Основы научных исследований в агрономии. Программа для высших учебных заведений по агрономическим специальностям. – М.: Издательство МСХА, 1998.

Методические указания

Коллектив авторов

**Основы и методология научных исследований**

Компьютерная верстка С.П. Бурлов

Печ. л. 2,25. Печатное издание, 2017 г., 100 экз.

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Иркутский государственный аграрный университет  
имени А.А.Ежевского»