

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

Ю.В. Горяников

# **ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АГРОНОМИИ**

учебное пособие для бакалавров, обучающихся  
по направлению подготовки 35.03.04 «Агрономия»

Черкесск, 2023

УДК 631.001.891  
ББК 40:72  
Г71

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом СКГА.  
Протокол №24 от «26» сентября 2022 г.

**Рецензенты:**

Гедиев К.Т. – к. э. н., доцент; заведующий кафедры «Агрономия» СКГА  
Арова О.З. – к. э. н., доцент кафедры «Агрономия» СКГА

Г71 **Горяников, Ю.В.** Основы научных исследований в агрономии: учебное пособие для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 «Агрономия» / Ю.В. Горяников. – Черкесск: БИЦ СКГА, 2023. - 204с.

Изложены основные методы экспериментальных исследований в агрономии, вопросы организации и проведения опытов с полевыми, овощными и плодовыми культурами. Описаны формы научно-исследовательской работы обучающихся, методики полевого опыта. По каждой теме даны конкретные задания и задачи.

Для обучающихся высших учебных заведений, проходящих уровень подготовки бакалавра по направлению «Агрономия», а также для специалистов-аграриев, ведущих исследовательскую работу в растениеводстве.

**УДК 631.001.891**  
**ББК 40:72**

© Горяников Ю.В., 2023  
©ФГБОУ ВО СКГА, 2023

## Содержание

Введение	5
Часть первая. Методика опытного дела	7
Глава 1. Классификация методов исследования	7
1.1. Возникновение и краткая история сельскохозяйственного опытного дела в России	7
1.2. Сущность и принципы научного исследования	9
1.3. Классификация и характеристика основных методов исследования в научной агрономии	10
1.4. Особенности условий проведения полевого опыта	12
Практические занятия по теме главы	12
Занятие 1 (1). Общие положения, принципы и требования, предъявляемые к планированию исследований	12
Занятие 2 (2). Рекогносцировочные посевы	16
Глава 2. Основные элементы методики полевого опыта	18
2.1. Число вариантов	18
2.2. Повторность и повторение	19
2.3. Площадь, направление и форма деланки	22
Практические занятия по теме главы	28
Занятие 1 (3). Основные элементы методики и техники эксперимента	28
Занятие 2 (4). Ориентация деланок и методы размещения вариантов	34
Глава 3. Методы планирования исследований.	43
3.1. Планирование полевого эксперимента	43
3.2. Планирование наблюдений и учетов	53
Практические занятия по теме главы	57
Занятие 1 (5). Планирование, составление схемы и структуры опыта	57
Глава 4. Техника закладки и проведения опыта	62
4.1. Разбивка опытного участка	62
4.2. Полевые работы на опытном участке	64
4.3. Учет урожая.	70
4.4. Первичная обработка данных	76
Практические занятия по теме главы	78
Занятие 1 (6). Определение необходимого количества наблюдений и учетов в полевом опыте	78
Занятие 2 (7). Особенности планирования полевых опытов при селекции сортов сельскохозяйственных культур на устойчивость к вредителям и болезням.	83
Глава 5. Документация и отчетность	88
5.1. Ведение первичной документации	88
5.2. Оформление основных документов в научной работе	91
Практические занятия по теме главы	93
Занятие 1 (8). Ведение опытной документации, составление научного отчета и рекомендаций производству	93
Часть вторая. Элементы статистической обработки результатов исследований	97

Глава 6. Совокупность и выборка. Эмпирические и теоретические распределения	97
6.1. Задачи математической статистики. Совокупность и выборка	97
6.2. Распределение частот и их графическое построение	99
6.3. Статистические характеристики количественной и качественной изменчивости	101
Практические занятия по теме главы	104
Занятие 1 (9). Статистические характеристики количественной изменчивости. Методы вычисления сумм квадратов отклонений	104
Занятие 2 (10). Группировка и статистическая обработка данных при количественной изменчивости	113
Глава 7. Статистические методы проверки гипотез	122
7.1. Основные положения статистической проверки гипотез	122
7.2. Точечная и интервальные оценки параметров распределения	123
7.3. Оценка существенности разности выборочных средних по $t$ -критерию	124
7.4. Проверка гипотезы о принадлежности «сомнительной» варианты к совокупности	127
7.5. Оценка соответствия между наблюдаемыми и ожидаемыми (теоретическими) распределениями по критерию $\chi^2$ хи-квадрат Пирсона.	128
7.6. Оценка различий между дисперсиями по критерию $F$ Фишера ..	129
Практические занятия по теме главы	130
Занятие 1 (11). Оценка существенности разности средних независимых сопряженных выборок по $t$ -критерию. Оценка разности между выборочными долями	130
Занятие 2 (12). Использование метода хи-квадрат при решении исследовательских задач	138
Глава 8. Дисперсионный анализ. Корреляция и регрессия	141
8.1. Основы метода дисперсионного анализа	141
8.2. Линейная корреляция и регрессия	146
Практические занятия по теме главы	151
Занятие 1 (13). Дисперсионный анализ экспериментальных данных	151
Занятие 2 (14). Дисперсионный анализ результатов многофакторных опытов	154
Занятие 3 (15). Корреляция и регрессия	158
Занятие 4 (16). Ковариация	160
Занятие 5 (17). Пробит-анализ	165
<b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ</b>	175
Вопросы для самостоятельного изучения дисциплины	175
Тесты	176
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.</b>	187
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b>	204

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Основы научных исследований в агрономии» относится к обязательной части изучаемых дисциплин, реализуемых в основной образовательной программе бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 «Агрономия» с профилем «Плодоовощеводство».

Высшая школа аграриев нашей страны всегда обладала существенным влиянием на темпы прогресса, закладывающиеся в сельскохозяйственном производстве, под влиянием новейших достижений науки и техники. В современном мире, в условиях быстрого увеличения населения планеты, появились и новые приоритеты. Важнейшим считается – обеспечение продовольственной безопасности.

Продовольственная безопасность в расширенном понимании – это обеспечение каждого человека всем необходимым перечнем продуктов питания, в соответствии с рекомендациями медицинской науки и физиологическими потребностями человека в здоровой пище.

Сельскохозяйственный сектор и растениеводство в особенности, выполняют роль основного поставщика сырья и полуфабрикатов для производства продуктов питания, а также готовых к употреблению: овощей, фруктов и ягод. Основной задачей агрономической службы при этом, является получение максимально возможных урожаев с высоким качеством продукции. Для этого необходимо всесторонне изучать выращиваемые культуры и процессы, протекающие в них под воздействием окружающих условий. В этом и заключается цель научных исследований в агрономии.

Огромную роль в разработке методики полевого опыта в нашей стране, в обобщении многих зарубежных исследовательских материалов, сыграл Борис Александрович Доспехов.

Его можно без преувеличения назвать ведущим отцом-основателем дисциплины «Основы научных исследований в агрономии». Знаменитый учебник Доспехова: «Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)» является настольной книгой уже для нескольких поколений агрономов-исследователей.



Борис Александрович Доспехов  
(1927-1978)

Казалось бы, имеется прекрасный учебник и нет необходимости писать дополнительно учебные пособия и издавать их, но современное сельское хозяйство постоянно преподносит в виде сюрпризов труженникам села не

только новую технику и прогрессивные технологии, а также и глобальные изменения экологии и климата, существенно меняющие порой весь технологический уклад. Всё это требует переосмысления и новой систематизации, редактирования некоторых методик, создания динамических моделей и конструкторов.

Объединяя личный исследовательский опыт и известные методики, примеры построения популярных учебных материалов и новаторские педагогические приёмы, автор постарался представить в учебном пособии экстракт своего учебно-методического комплекса по одноименной дисциплине, в виде, наиболее доступном для понимания и усвоения обучающимися.

В то же время, систематический подход к данной дисциплине, такой как у Б.А. Доспехова, автор считает непревзойденным, и поэтому учебное пособие имеет также две основные части:

1. Методика опытного дела.
2. Элементы статистической обработки результатов исследований.

Планируемые результаты освоения дисциплины базируются на установленных профессиональных компетенциях, в результате освоения которых, обучающийся должен *знать* современные методы научных исследований в полеводстве, плодоводстве и овощеводстве согласно утвержденным планам и методикам, знать основы статистической обработки результатов опытов.

*Уметь* использовать при проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности, основные биологические закономерности развития растительного мира и элементы морфологии растений; систематику, анатомию, морфологию, физиологию, географическое распространение и экологию представителей основных таксонов растений; основы экологии растений, фитоценологии, географии растений. Производить оценку и выбор сортов и гибридов полевых культур ведущих селекционных центров мира в соответствии с природно-климатическими условиями региона возделывания.

*Владеть* микроскопом и биноклем, разнообразной агрономической техникой и материалами; способностью к обобщению и статистической обработке результатов опытов и формулированию выводов.

Структура каждой представленной главы учебного пособия, включает набор параграфов по основным теоретическим вопросам, необходимым для наиболее полного её восприятия. Практическое закрепление материалов главы, достигается выполнением заданий из практических занятий по их темам. Завершают освоение каждой представленной главы, контрольные вопросы, имеющиеся в материалах практических занятий.

Учебное пособие необходимо использовать для изучения дисциплины «Основы научных исследований в агрономии», бакалаврами, обучающимися по направлению подготовки 35.03.04 «Агрономия» со специализацией «Плодоовощеводство».

# **ЧАСТЬ ПЕРВАЯ**

## **МЕТОДИКА ОПЫТНОГО ДЕЛА**

### **Глава 1. Классификация методов исследования**

#### **1.1. Возникновение и краткая история сельскохозяйственного опытного дела в России**

С древних времен человек, стараясь обеспечить общество продуктами питания, пытался повлиять на выращиваемые для этих целей растения таким образом, чтобы получить от них максимальное количество урожая. Для этого древние исследователи изучали как само растение, так и условия в которых оно произрастало. Но методичного, выверенного подхода к таким исследованиям не было. Тем не менее, известны сочинения многих ученых древности, в особенности древнегреческой цивилизации и римской, в которых исследователями того времени высказывали суждения об агрономических аспектах настолько убедительно, что они служили мерилom знаний в этой области на протяжении тысячелетий.

В начале нашей эры, земная цивилизация оставила в забвении эти труды, на долгие столетия погрузившись во мрак невежества. И только в эпоху возрождения, человечество вновь стало овладевать утраченными и обогащать мир новыми знаниями.

Однако, и после того как во многих агрономических науках были сделаны большие достижения, сформулированы различные теории и даже частично законы земледелия, принципы научных исследований в агрономии сформулированы не были.

Особая необходимость в формировании методики агрономических исследований, была в России, стране с огромными территориями и различными почвенно-климатическими факторами.

Началом этого процесса было учреждение Вольного экономического общества (ВЭО) в 1765 г., которое в течение более 100 лет играло большую роль в России при развитии агрономической науки. Научная мысль по вопросам агрономии в России XVIII и первой половине XIX вв. концентрировалась вокруг Вольного экономического общества, в котором принимали активное участие многие русские ученые, обогатившие знаниями агрономическую науку.

Первым организатором опытного дела в нашей стране, был профессор Московского университета Михаил Григорьевич Павлов (1793-1840). Он организовал первое опытное поле и школу, и был первым заведующим этого поля.

В 40-х годах XIX столетия началось экспериментальное изучение отдельных видов минеральных удобрений. Дмитрий Иванович Менделеев

(1834-1907), великий ученый-химик, поставил опыты в четырех пунктах (в Московской, Петербургской, Симбирской и Смоленской губерниях).



Михаил Григорьевич Павлов  
(1793-1840)



Дмитрий Иванович Менделеев  
(1834-1907)

Это были настоящие опыты по агрономической химии с подробным изучением почвы в отношении ее состава и влияния на нее удобрения и климата. Будучи представителем точной экспериментальной науки, он считал, что к агрономии должны быть приложены точные науки и указывал на необходимость повторностей в полевом опыте и значение математической обработки результатов опыта.

Климент Аркадьевич Тимирязев (1843-1920) выступал за проверку научных достижений на полях, за широкую постановку полевых опытов в хозяйствах. В полевом опыте он видел лучшее средство подать крестьянину мысль повторить его в своем хозяйстве.

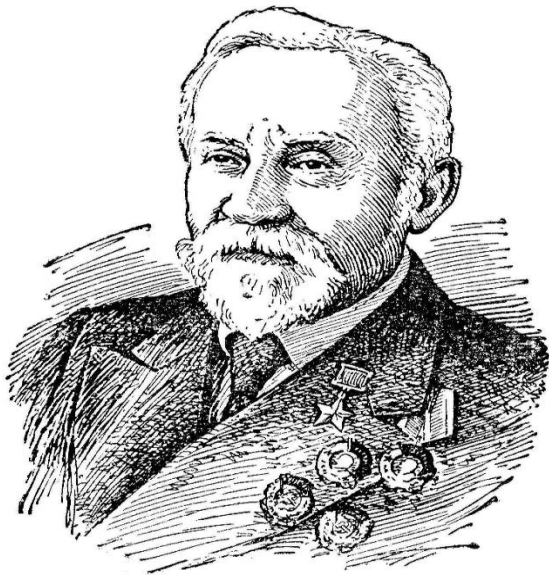


Климент Аркадьевич Тимирязев  
(1843-1920)

Большую роль в развитии агрономических исследований в нашей стране сыграла Географическая сеть опытов, начало которой было положено Д.И. Менделеевым. Дмитрий Николаевич Прянишников (1865-1948) также принимал активное участие в организации в нашей стране Географической сети опытов. Позднее Дмитрий Николаевич Прянишников и Александр Никандрович Лебедев (1878-1941) продолжили эти опыты на

новой основе, охватив ими различные почвенно-климатические зоны.





Дмитрий Николаевич Прянишников  
(1865-1948)



Александр Никандрович Лебедянцев  
(1878-1941)

XX в. ознаменовался крупными достижениями в развитии фундаментальных положений многих агрономических наук и совершенствования методологии исследований. Во второй половине XX столетия в Географической сети опытов проводили исследования сотни научно-исследовательских учреждений и высших учебных заведений. Ежегодно ими выполнялись тысячи опытов почти во всех основных земледельческих районах страны.

### **1.2. Сущность и принципы научного исследования**

Научное исследование – это процесс выработки новых знаний, один из видов познавательной деятельности. Характеризуется объективностью, воспроизводимостью, доказательностью, точностью; имеет два уровня – эмпирический и теоретический. Наиболее распространенным является деление исследований на фундаментальные и прикладные, количественные и качественные, уникальные и комплексные.

Фундаментальные исследования, имеют глубокое, основательное значение в науке. Эти исследования направлены на получения максимального знания, независимо от степени их применения.

Прикладные исследования могут применяться как в комплексе, так и поэтапно, если для этого существуют объективные условия. Агрономические прикладные исследования направлены на внедрение передового опыта в сельскохозяйственное производство. Их целью является получение максимально возможного количества растениеводческой продукции оптимального качества.

Существует взаимосвязь между прикладными и фундаментальными исследованиями. Для более качественного использования данных об объекте, необходимо знать о нем и окружающих его явлениях как можно больше.

В агрономических исследованиях основой являются наблюдения и эксперимент.

Основное условие научного наблюдения – объективность, т.е. возможность контроля путем либо повторного наблюдения, либо применения иных методов исследования (например, эксперимента).

Эксперимент (от лат. *experimentum* – проба, опыт), род опыта, имеющего целенаправленно исследовательский характер и проводимого в искусственных, воспроизводимых условиях путем их контролируемого изменения.

Основным требованием, предъявляемым к научному наблюдению и эксперименту, является опыт, поставленный в точно фиксированных условиях.

Методология научных исследований берет начало с гипотезы. Гипотеза (греч. *hypothesis* – основание, предположение), предположительное суждение о закономерной (причинной) связи явлений. Гипотеза нуждается в экспериментальном подтверждении. Данные полученные в эксперименте систематизируются и подвергаются анализу, синтезу, моделированию.

Анализ (от греч. *analysis* – разложение), расчленение (мысленное или реальное) объекта на элементы.

Синтез (от греч. *synthesis* – соединение), соединение (мысленное или реальное) различных элементов объекта в единое целое (систему); синтез неразрывно связан с анализом.

Моделирование, исследование каких-либо явлений, процессов или систем объектов путем построения и изучения их моделей; использование моделей для определения или уточнения характеристик и рационализации способов построения вновь конструируемых объектов. Моделирование – одна из основных категорий теории познания: на идее моделирования по существу базируется любой метод научного исследования – как теоретический (при котором используются различного рода знаковые, абстрактные модели), так и экспериментальный (использующий предметные модели).

В результате образуется та или иная теория, которая в случае прикладных исследований внедряется в производство.

### **1.3. Классификация и характеристика основных методов исследования в научной агрономии**

В научной агрономии основными методами исследований являются:

лабораторные эксперименты, вегетационный и лизиметрический методы, полевой опыт. Используя эти методы, ученые-аграрники делают свои разработки, открытия и изобретения.

Вегетационные эксперименты проводятся в специальных сосудах, размещаемых в вегетационных павильонах-домиках, теплицах,

специально оборудованных помещениях – фитотронах. В качестве субстрата питания растений в этих условиях возможно использование как почвы и торфа, так и различных инертных материалов: песка, керамзита и т.д. Известны также опыты водных культур в вегетационных домиках поставленные в свое время К.А. Тимирязевым.

Лизиметрические методы исследования проводятся в больших сосудах, размером  $1 \times 1 \times 1$ ;  $1 \times 1 \times 2$  м – с изолированными по вертикали стенками в условиях, близких к естественным. В настоящее время этот метод широко используется в научно-исследовательских учреждениях мира, особенно при исследовании миграции, трансформации питательных элементов в почве, в балансовых экспериментах, изменения свойств почв в динамике, а также в физиолого-биохимических исследованиях методом изотопов особенностей обмена веществ в растениях и формирования качества продукции.

В практике часто вегетационный и лизиметрический методы применяются в сочетании и дополняют друг друга.

Исследования в фитотронах, где контролируются и регулируются все показатели продукционного процесса растений: корневое питание, водообеспечение, интенсивность и качество света, температурный режим, фотосинтез, газовый обмен и др. относятся в основном к физиолого-агробиохимическим исследованиям. Такие исследования проводятся с полной автоматизацией и регистрацией соответствующими приборами параметров роста и развития растений. Это наиболее точный метод физиолого-биохимических и агрохимических исследований, позволяющий вскрыть процесс обмена веществ по широкой программе исследований с участием всех факторов жизни растений, определить потенциальную продуктивность растений и пути ее реализации для конкретного генотипа, создать динамическую модель продукционного процесса. Поэтому фитотроны широко используются и в селекционно-генетических исследованиях. Для успешного проведения экспериментов в фитотронах, их эффективной эксплуатации требуется высокая квалификация ученых и специалистов многих отраслей знаний. Они применяются, как правило, в наиболее крупных научно-исследовательских учреждениях и высших учебных заведениях.

Следующая группа методов агрономических исследований – полевые опыты. Опыт, проводимый в полевых условиях должен отвечать следующим требованиям:

1. изучаемые факторы должны обладать характерными признаками для данных условий, т.е. типичностью;
2. все факторы, влияющие на проведение опыта должны быть равноценными, за исключением изучаемых, т.е. должен соблюдаться принцип единственного различия;
3. опыт должен проводиться на специально выделенном и изученном участке;

4. наблюдения и учеты опыта, должны точно фиксироваться по периодам времени;

5. результаты опыта должны быть подвергнуты математическому анализу на их достоверность.

Полевые опыты классифицируются на агротехнические и селекционно-испытательные. Бывают однофакторные опыты и многофакторные, многолетние и длительные.

#### **1.4. Особенности условий проведения полевого опыта**

К особенностям условий проведения полевого опыта относятся: случайное и закономерное варьирование плодородия почвы и индивидуальное варьирование растений в многолетних насаждениях (плодовые, ягодные, виноград).

В связи с варьированием плодородия почвы необходимо правильно выбрать и подготовить земельный участок под опыт. Для этого необходимо знать агрохимические показатели плодородия почв выбранного участка. Если нет уже готовых данных в виде картограмм, то необходимо провести обследование почв на содержание макро и микроэлементов, радионуклидов и токсичных металлов.

В случае сомнений в однородности почвенных условий проводятся пробные (рекогносцировочные) и уравнительные посевы культуры, по которой запланированы исследования.

Агротехнические и селекционно-испытательные полевые опыты имеют свои нюансы, заключающиеся как в самой методике их закладки и проведения, так и в способах обработки полученного материала. Поэтому существует множество разработанных методических указаний, применяемых в опытном деле как для отдельных культур, так и отраслей сельскохозяйственного производства.

Как пример можно привести ряд методик, предназначенных для проведения сортоиспытания в нашей стране.

#### **Практические занятия по теме главы:**

**Занятие 1 (1). Общие положения, принципы и требования, предъявляемые к планированию исследований**

##### **Цели занятия:**

1. ознакомиться с основными этапами планирования опытов;
2. научиться разработке и выбору рабочей или ряда конкурирующих гипотез по теме исследования.

**Задание:** изучить и законспектировать основные положения, принципы и требования предъявляемые к выбору темы исследования, разработке рабочей гипотезы и планирования опытов.

### **Вводные пояснения**

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 выдвижение 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 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 исследования.

Тема эксперимента должна быть четко сформулирована, отражать сущность исследования и отвечать потребностям производства, так как многие неудачи при проведении опытов вызываются 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» 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 исследований крупных научных учреждений, то при переходе к планированию конкретного опыта исследования следует ограничиться рамками того вопроса, на который желательно получить ответ.

Выбор объекта эксперимента имеет свои специфические особенности. Прежде всего, это связано 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 доказательства. 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.

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

### **Контрольные вопросы**

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?

## **Занятие 2 (2). Рекогносцировочные посевы**

**Цель занятия:** ознакомление с правилами проведения рекогносцировочных посевов.

### **Задания:**

1. изучить и законспектировать основные правила проведения рекогносцировочных посевов;
2. зарисовать схему.

### **Вводные пояснения**

Предварительный этап любого полевого опыта, в том числе испытания сортов и гибридов, включает рекогносцировочные (определительные) посевы, которые проводят, например, при организации госсортоучастка, переносе его на новую территорию, после планировки и других мелиоративных работ.

Рекогносцировочный посев – это специальный посев с целью определения пригодности поля, участка для проведения полевых опытов. Это поле засевают семенами районированного или перспективного сорта какой-либо зерновой (ячмень, овес) культуры. Накануне посева обязательно равномерно вносят минеральные удобрения согласно картограммам. На этом поле применяют одинаковые обработки, удобрения, норму высева, сроки посева.

Степень и равномерность плодородия отдельных участков и в целом поля, намечаемых под закладку опыта, определяют подробному учету урожая рекогносцировочного посева.

Перед началом учета рекогносцировочного посева поле обкашивают по периметру двумя проходами комбайна. С помощью мерной ленты и вешек отбивают две-три продольные полосы, на которых непосредственно будет проводиться подробный учет урожая. Ширину продольных полос устанавливают таким образом, чтобы при одном проходе самоходного комбайна поперек полосы учетная площадь делянки составила 50 или 100 м<sup>2</sup>.

При ширине жатки комбайна Сампо-500, равной 236 см длина делянки в 50 м<sup>2</sup> составляет 21,18 м (50 : 2,36). 100 м<sup>2</sup> – 42,36 м (100 : 2,36). Коридоры между полосами выкашивают, а затем приступают к учету. Каждую следующую делянку выкашивают на продольной полосе, отступая на 30-50 см от предыдущей (рис. 1).



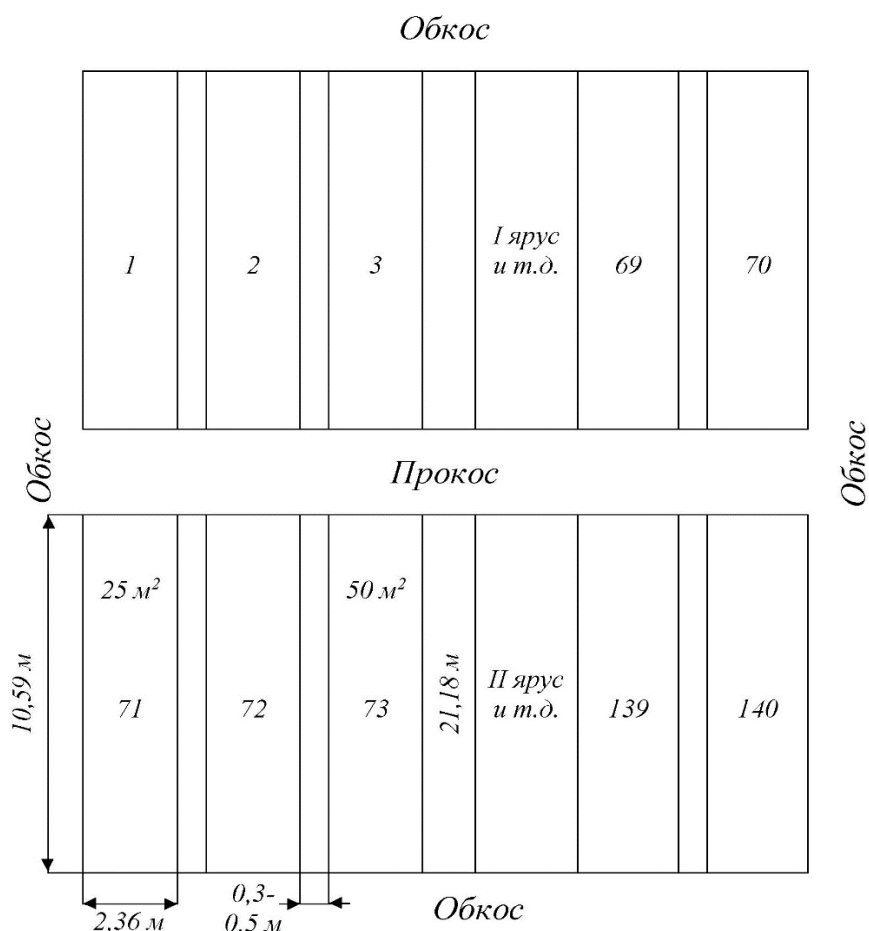


Рисунок 1– Схема дробного учета при рекогносцировочном посеве

Зерно с каждой делянки взвешивают и определяют урожайность в ц/га без приведения к стандартной влажности. Нумерация учетных площадей при дробном учете урожая обязательна.

При статистической обработке по данным дробного учета определяют:

- общую сумму урожая со всех делянок ( $Q$ );
- средний урожай с одной делянки ( $M$ ) путем деления общей суммы на число делянок;
- среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(n \times \sum y^2) - Q^2}{n \times (n - 1)}}, \quad (1)$$

где:  $\sum y^2$  – сумма квадратов поделяночных данных,  
 $Q^2$  – квадрат суммы поделяночных данных,  
 $n$  – число делянок дробного учета.

- коэффициент варьирования по формуле:

$$V = \frac{\sigma \times 100}{M}, \quad (2)$$

- ожидаемая ошибка опыта при 4-кратной повторности по формуле:

$$P = \frac{\sigma}{2}. \quad (3)$$

Если ожидаемая ошибка опыта окажется не выше 4%. Участок пригоден для закладки опыта в 4-кратной повторности, если больше 4%, но не выше 6,2%, то участок пригоден для закладки опыта в 6-кратной повторности.

Данные дробного учета урожая по каждой площадке с результатами обработки и схему их размещения госсортоучастков представляет в республиканскую госсорткомиссию с предварительным заключением о пригодности участка для закладки опыта и установления необходимого числа повторений в опыте.

На остальной части территории госсортоучастка, где дробный учет урожая не проводился, эта работа выполняется в таком же порядке в последующие годы.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое уравнительный посев?
2. Для чего проводится рекогносцировочный посев?
3. Что такое типичность (репрезентативность)?
4. Чем является защитная полоса или защитка, и для чего она нужна?
5. В чём заключается достоверность опыта?
6. Что несёт в себе вариабельность (изменчивость)?

## **Глава 2. Основные элементы методики полевого опыта**

Под методикой полевого опыта подразумевают совокупность слагающих ее элементов: число вариантов, площадь делянок, их форму и направление, повторность, систему размещения повторений, делянок и вариантов на территории, метод учета урожая и организацию опыта во времени.

### **2.1. Число вариантов**

Число вариантов в схеме любого опыта – обычно заранее заданная величина, которая всецело определяется его содержанием и задачами. Число вариантов, очевидно, не может оказать влияние на типичность опыта, но может существенно сказаться на его ошибке, так как при прочих равных условиях опыт с большим числом вариантов будет занимать большую площадь. Увеличение числа вариантов в опыте сверх 12-16 на пестрых и выравненных участках с закономерной территориальной изменчивостью плодородия почвы значительно увеличивает ошибку эксперимента. При случайном варьировании пестроты плодородия т.е. на участках, где территориальная изменчивость выражена слабо, независимо от величины коэффициента вариации, ошибка опыта при увеличении числа вариантов с 6 до 20 также возрастает, но в значительно меньшей степени.

С увеличением числа вариантов увеличивается площадь под опытом, возрастает пестрота почвенного плодородия и расстояние между сравниваемыми вариантами, так как в этом случае труднее уложить опыт или

его отдельные повторения в пределах однородной по почвенному плодородию площадки. Все это и ведет к увеличению ошибки опыта.

В связи с этим при разработке схемы необходимо осторожно увеличивать число вариантов и стремиться к тому, чтобы в опыте было не более 12-16 вариантов и 60-64 делянки. Опыты с большим числом вариантов требуют, как правило, более сложных методов постановки, например, введения в каждое повторение двух-трех контрольных вариантов, использования метода расщепленных делянок и смешивания при закладке многофакторных опытов и метода решетки при испытании большого набора номеров (сортов, гибридов) на первых этапах селекционной работы.

Если вариантов очень мало (например, 2-3), то необходима более высокая повторность, чтобы иметь достаточное число наблюдений для правильной оценки ошибки опыта. Характерно, что при более крупных делянках увеличение числа вариантов значительно сильнее увеличивает ошибку опыта, чем при делянках меньшего размера, и это следует учитывать при планировании методики эксперимента.

## **2.2. Повторность и повторение**

Точность полевого эксперимента и надежность средних по вариантам в большой степени определяются повторностью опыта на территории и во времени.

Повторностью опыта на территории называют число одноименных делянок каждого варианта, а повторностью опыта во времени – число лет испытаний новых агротехнических приемов или сортов. Территориальная повторность дает возможность полнее охватить каждым вариантом опыта пестроту земельного участка и получить более устойчивые и точные средние, а повторность во времени позволяет установить действие, взаимодействие или последствие изучаемых факторов в разных метеорологических условиях.

При увеличении повторности заметно снижается ошибка опыта. Особенно сильно ошибка снижается при увеличении повторности до 4-6-кратной; дальнейшее повышение повторности сопровождается менее значительным уменьшением ошибки.

Увеличение числа повторных делянок сильнее уменьшает ошибку опыта, чем соответствующее увеличение площади делянки при неизменной повторности. Преимущество метода уточнения полевого опыта увеличением повторности по сравнению с увеличением площади делянки обычно более существенно, если общая площадь опыта выходит за пределы достаточно однородного по плодородию земельного участка, что неизбежно при увеличении площади делянок. В этом случае дальнейшее повышение размера делянок не только не снижает, а, наоборот, может даже увеличить ошибку опыта. Увеличение же повторности и в этом случае дает положительный результат.

Эффективность повторности особенно четко проявляется, если целые повторения, т.е. весь набор изучаемых вариантов опыта, располагать в пределах даже сильно различающихся, но достаточно однородных внутри себя частей земельного участка.

Большую часть простых однофакторных и небольших многофакторных полевых опытов с качественными вариантами (сорта, предшественники, способы обработки почвы, севообороты и т.д.) проводят, как правило, при 4-6-кратной повторности. В практике опытной работы 6-8-кратную повторность следует применять в опытах, которые закладывают на небольших делянках (2-10 кв. м) и недостаточно выравненных земельных участках. Повторность свыше 8-кратной используется только в особых случаях, например, для доказательства незначительных эффектов вариантов (микроудобрения, стимуляторы роста).

Многофакторные многовариантные опыты по изучению действия и взаимодействия количественных факторов в широком диапазоне их градаций (4-6 доз) можно проводить в 2-3-кратной повторности методом блоков, используя теорию смешивания для группировки вариантов в блоки.

Проведение опытов без повторности допустимо в предварительных, рекогносцировочных и демонстрационных опытах.

Результаты полевого эксперимента сильно зависят от метеорологических условий года. Поэтому в подавляющем большинстве случаев для получения надежных результатов наряду с повторностью на территории, необходимо повторять полевые опыты во времени. Это не только повышает достоверность выводов, но и дает возможность получить очень ценную дополнительную информацию об эффективности изучаемых приемов в отдельные годы – сухие, нормальные, влажные и т.п. Кроме того, многие иные агротехнические приемы (удобрения, предшественники, углубление пахотного слоя и др.) имеют длительное последствие, для учета которого также возникает необходимость в повторении опыта во времени.

Повторность во времени краткосрочного опыта, необходимая для получения достаточно достоверной характеристики изучаемого приема за ряд лет, зависит от задачи исследования и от того, как сложатся метеорологические условия, но при планировании таких опытов нельзя рассчитывать на получение исчерпывающего ответа менее чем за три года.

Исследования в севооборотах, наблюдения за такими медленно протекающими явлениями, как изменение запасов гумуса или плодородия почвы в результате применения различных агротехнических приёмов, разработка системы удобрения или обработки почвы и другие исследования, требуют закладки стационарных многолетних опытов по тщательно разработанному плану. Такие опыты могут быть осуществлены только в условиях стационарных опытных учреждений и должны быть направлены на разрешение наиболее важных и перспективных вопросов земледелия.

Если планируется многолетний опыт по оценке эффективности от действия или последствия того или иного фактора в зависимости от условий погоды, то продолжительность его во времени не должна быть меньше, по крайней мере десяти лет.

Полевые опыты обычно располагают на площади земельного участка методом организованных повторений. Суть его заключается в том, что делянки с полным набором всех вариантов схемы объединяют территориально в компактную группу, составляя определенным образом организованное повторение, которое занимает часть площади участка. Повторение, взятое в отдельности, представляет в сущности, как бы сокращенный в объеме опыт. Итак, организованное повторение – часть площади опытного участка, включающая полный набор вариантов схемы опыта.

В условиях полевого опыта, различия в плодородии почвы внутри повторений обычно значительно меньше, чем между повторениями. Это и послужило основой для введения метода организованных повторений. В настоящее время большинство опытов ставят методом организованных повторений, так как выделить под опыт земельный участок, где не имелось бы более или менее резких различий между отдельным; частями его, очень трудно.

Опыты могут размещаться на земельном участке и без территориального объединения вариантов в компактные группы-повторения, а полностью случайно. Такое размещение называют методом неорганизованных повторений или полной рендомизацией. Его используют только в тех редких случаях, когда нет необходимости ставить под контроль возможное закономерное варьирование условий эксперимента, что может быть, например, в небольших опытах, которые закладывают на хорошо выровненных земельных участках.

Применяют два способа размещения организованных повторений: сплошное, когда все повторения объединены территориально, и разбросанное, когда повторения по одному или по несколько расположены в разных частях поля или даже в различных полях и опытный участок не имеет одной общей границы. Ко второму способу расположения повторений чаще всего прибегают вынужденно при отсутствии в одном месте достаточного земельного участка, где можно было бы разместить все повторения в непосредственной близости друг от друга, например, в районах с очень невыровненным рельефом, при поливе затоплением по «чекам» и т.п. Однако повторения иногда разбрасывают умышленно, например, в опытах по изучению эрозии почвы, оценке новых приемов или сортов в разных почвенных и агротехнических условиях. В этих условиях несколько одинаковых опытов повторений располагают на участках с различными по механическому составу и плодородию почвами, в разных севооборотах и при неодинаковом уровне агротехники. Число опытных участков соответствует числу повторностей опыта.

Обычно все повторения полевого опыта размещают на одном опытном участке, т.е. применяют сплошное расположение их в один, два, три или больше ярусов.

Организация полевого опыта, когда в каждом его повторении представлены все варианты схемы, называется взаимно ортогональной. Она позволяет методом дисперсионного анализа расчленить общее варьирование урожайности  $C_Y$ , измеряемое общей суммой квадратов отклонения поделяночных урожаев от среднего урожая, на компоненты – суммы квадратов для повторений  $C_P$ , вариантов  $C_V$ , и остатка  $C_Z$ , который характеризует случайное варьирование.

Организация повторений позволяет контролировать значительную часть территориальной изменчивости опытного участка и в процессе дисперсионного анализа элиминировать, устранять влияние ее на ошибку эксперимента. В опыте без организованных повторений, т.е. при полной рендомизации, ошибка эксперимента обусловлена варьированием плодородия по всему участку в целом, тогда как при организации повторений она определяется только варьированием внутри повторений, которое обычно меньше общего варьирования.

Эффективность элиминирования территориальной изменчивости с увеличением количества повторений увеличивается и особенно сильно на участках с закономерным варьированием плодородия почвы.

Таким образом, организованные повторения, кроме уточнения средних по вариантам, выполняют еще одну важную роль, а именно контролируют значительную часть территориальной изменчивости опытного участка и обеспечивают возможное уменьшения ошибки опыта в процессе дисперсионного анализа экспериментальных данных.

### **2.3. Площадь, направление и форма делянки**

Площадь делянки. Полевой опыт ставят на делянках, имеющих определенный размер и форму. Делянки служат для размещения на них изучаемых и контрольных вариантов. Часто размеру делянки в опытном деле придается значительно большее значение, чем он того заслуживает. Увлечение большими делянками (до 1 га и больше), наблюдавшееся у нас в тридцатых годах, кроме снижения точности исследований и увеличения затрат на проведение опытов, ничего не принесло и быстро пошло на убыль. Во всех странах в практике опытной работы крупные делянки, характерные для начальной стадии развития опытного дела, постепенно вытесняются более мелкими, позволяющими проводить исследования экономнее, быстрее и в большем объеме.

Теоретически можно ожидать, что увеличение площади делянки может иметь определенное значение постольку, поскольку на небольшой площади может разместиться малое число растений и индивидуальные различия их не будут компенсированы числом. Поэтому чем крупнее высеваемое растение, тем больше должна быть минимальная площадь делянки, но когда размер её

превышает площадь, на которой может располагаться нужное число растений, дальнейшее увеличение не может иметь существенного значения для точности опыта.

Большое число дробных учетов рекогносцировочных посевов, проводившихся в разных странах, показало, что точность опыта повышается по мере увеличения размера делянки примерно до 100 кв. м, дальнейшее ее увеличение незначительно повышает, а за некоторым пределом даже снижает точность опыта.

Дело в том, что с увеличением размера делянки возрастает и площадь опыта, и он выходит за пределы выбранного для него однородного участка. Перекрыть микропестроту почвы увеличением размера делянки практически невозможно, так как для этого площадь под опытом должна возрасти до сотен, а может быть, и тысяч гектаров.

Довольно распространенное мнение о преимуществе крупных делянок основано на многочисленных исследованиях результатов дробных учетов. К сожалению, в большинстве этих исследований допущена методическая ошибка. Она заключается в том, что при сравнении не выдержан принцип единственного различия. С увеличением абсолютного размера делянок пропорционально уменьшается их число, так как урожаи всегда сравнивают со средним урожаем участка рекогносцировочного посева одного и того же размера, и остается невыясненным, отчего повышается точность: от увеличения площади каждой делянки или уменьшения их числа. Если эти же данные обработать правильно, т.е. с соблюдением принципа единственного различия, они согласованно показывают, что увеличение размера делянки сначала снижает, а затем или не оказывает существенного влияния на ошибку опыта, или даже увеличивает ее.

Размер опытной делянки для различных видов полевого опыта в каждом конкретном случае будет меняться в зависимости от задачи опыта, культуры, степени и характера пестроты почвенного покрова, агротехники и от того, какими орудиями, машинами предполагается пользоваться и возможна ли одновременная обработка всех делянок или их придется обрабатывать раздельно. Целесообразно проектировать делянки, допускающие проведение всех полевых работ с максимальной механизацией, включая уборку урожая. Поэтому предел, меньше которого не должна быть площадь делянки, определяется возможностью нормально проводить все агротехнические работы.

В практике опытного дела в нашей стране наиболее широко используются делянки размером 50-200, а на первоначальных этапах исследовательской работы 10-50 кв. м. Делянки меньше 10 кв. м обычно применяют в так называемых микрополевых опытах, например, при селекции растений, когда очень важно экономить посевной материал.

При установлении размера делянки следует учитывать особенности агротехники растений: ширину междурядий, густоту стояния и т.п. Для пропашных культур минимальный размер делянки должен быть

достаточным, чтобы исключить влияние изменчивости отдельных растений на точность опыта. В литературе чаще всего указывается как минимум 80-100 растений; по данным некоторых исследователей, для картофеля достаточно 40-50 и для кукурузы 60 учетных растений на делянке. Общее правило таково, что чем больше выращивается растений на единице площади, тем меньше может быть площадь делянки.

Следует указать, что вопрос о размере опытной делянки нельзя рассматривать изолированно от степени и характера почвенного покрова. В одном из исследований А. Мудра (1958), ошибка опыта по мере увеличения площади делянки на выровненном по плодородию участке заметно и равномерно снижалась, тогда как на невыравненном участке изменялась незначительно.

Следовательно, на пестрых по плодородию участках увеличение размера делянок не является эффективным способом снижения ошибки опыта. В этих случаях необходимо использовать другие пути и, в частности, увеличивать число повторностей.

На основании многолетней практики отечественных и зарубежных опытных учреждений можно считать, что при прочих равных условиях, учетную площадь делянки полевого опыта целесообразно устанавливать в пределах 50-100 кв. м. Отклонение в ту или иную сторону от указанных размеров определяется в основном опытной культурой, техническими условиями и удобством проведения опыта, его задачами и агротехникой.

Как исключение, можно привести пример селекционеров, которые на первых стадиях селекционной работы, когда имеется ограниченное количество семян, с успехом используют делянки размером 0,5-2 кв. м, а в малых сортоиспытаниях – 5-10 кв. м и при очень тщательной обработке получают высокую точность опыта. Конкурсное сортоиспытание проводят обычно уже на делянках площадью 50-100 кв. м и редко 200 кв. м. Большую часть агротехнических опытов, не требующих отдельной обработки делянок, закладывают обычно на делянках 50-200 кв. м. При изучении способов обработки почвы или других приемов, требующих отдельного применения машин и орудий на каждой делянке, размер ее приходится иногда увеличивать до 300 и даже 1000 кв. м.

Плодовые и овощные культуры имеют довольно высокий нижний предел площади делянки: она должна быть достаточной, чтобы индивидуальная (генетическая) изменчивость растений не оказывала существенного влияния на ошибку опыта. Например, в опытах с плодовыми на каждой делянке размещается 6-10 и более деревьев, а кустарниковых ягодников – 10-20. В подобных случаях площадь делянки может значительно отклоняться от 100 кв. м.

Таким образом, полевые опыты следует ставить на делянках, сравнительно небольшого размера, дающих возможность нормально проводить иго агротехнические работы. На таких делянках гораздо легче достичь большой точности, они удобнее и требуют меньше затрат средств и



труда, чем крупные делянки. Крупная делянка имеет преимущество перед небольшой только при проведении многолетних опытов, когда возникает необходимость изучать новые факторы или приемы, не предусмотренные при закладке опыта. В подобных случаях большую делянку можно разделить (расщепить) на несколько более мелких и заложить на них дополнительные варианты или ввести новый фон для изучения эффективности уже имеющихся вариантов. В связи с этим многолетние опыты целесообразно закладывать на делянках 200-300 кв. м, с тем чтобы при необходимости расщепления каждая из них имела площадь 50-100 кв. м.

При проведении опытов в условиях производства нет объективных оснований к значительному увеличению размера делянок. Площадь делянки должна быть такой, чтобы можно было выполнять все полевые работы, достаточно типичные для агротехники и уровня механизации передовых хозяйств данного района. Поэтому размер делянок опытов, заложенных в производственных условиях, варьирует в широких пределах – от 100 до 3000 кв. м и больше.

Если говорить о минимально допустимом размере делянок для опытов в условиях производства, то они не отличаются от тех, которые названы выше. Здесь следует отметить, что метод полевого опыта должен использоваться для научной разработки новых приемов, а не внедрения уже разработанных способов возделывания, поэтому большой размер делянок не достоинство, скорее наоборот; применение крупных делянок (более 1000 кв. м) часто лишает опыт достоверности по существу, не говоря уже об увеличении материальных и трудовых затрат, необходимых для проведения опыта на больших площадях.

Итак, теоретически нет оснований для рекомендации закладывать полевые опыты на делянках большого размера. Однако нельзя говорить и о каких-то раз и навсегда установленных и единственно правильных нормативах. Конкретная площадь делянки определяется изучаемым приемом, характером пестроты почвы, способами посева, ухода, уборки и т.д. При современном уровне механизации опытных работ, когда экспериментатор вынужден приспособлять методику опыта к использованию машин и орудий, ему часто приходится необоснованно увеличивать размеры делянок. Нередко это снижает качество и производительность научной работы. Поэтому создание и серийное производство малогабаритной техники для экспериментальных работ в поле – один из важных факторов повышения производительности и эффективности сельскохозяйственных исследований.

Когда приходится выбирать между крупными делянками, позволяющими механизировать все полевые работы в опыте, и делянками небольших размеров, требующих малогабаритной техники, а при ее отсутствии – применения ручного труда, то предпочтение следует отдавать первым.

Защитные полосы. Различают боковые и концевые защитные полосы. Боковые защитки выделяют вдоль длинных сторон делянок для исключения

влияния растений соседних вариантов, которое тем значительнее, чем больше растения различаются по своему развитию. Особенно сильно влияние соседних вариантов проявляется в опытах с удобрениями, способами обработки почвы, предшественниками и орошением. В большинстве случаев ширину боковой защитной полосы, которую убирают перед уборкой учетной площади, устанавливают в пределах 0,5-1,5 м. Иногда, например, в опытах с орошением или с различными гербицидами (при опрыскивании) ширину защитной полосы приходится увеличивать до 2-3 м и более.

В опытах по сортоиспытанию влиянием растений соседних делянок пренебрегают и боковые защитные полосы не выделяют. Для разграничения изучаемых сортов между делянками оставляют узкие незасеянные полосы шириной 20-40 см.

Концевые защитки шириной не менее 2 м выделяют для предохранения учетной части делянки от случайных повреждений.

Кроме того, для разворота машин и орудий с обоих концов делянок выделяют защитные полосы шириной не менее 5 м.

Направление делянки. Достоверность опыта во многом зависит от направления делянок, т.е. от ориентации их на опытном участке. Сравнение изучаемых вариантов будет правильным, если опытные делянки располагать длинной стороной в том же направлении, в каком сильнее всего изменяется плодородие почвы. В этом случае все варианты будут поставлены в одинаковые условия сравнения и оценка их эффективности будет неискаженной. При любой другой ориентации делянок они в разной степени будут охватывать изменчивость плодородия земельного участка, что отрицательно скажется на точности опыта и затруднит объективную оценку его результатов.

Известно, что особенно сильно плодородие почвы и другие условия выращивания растений меняются вдоль склона. Поэтому при расположении опыта на склоне направление длинных сторон делянок надо ориентировать вдоль, а не поперек склона. По такому же принципу закладывают опыт на полях с поперечными лесными полосами: делянки располагают длинной стороной перпендикулярно к лесной полосе. При закладке опытов на выровненных по плодородию участках направление делянок не оказывает влияния на точность опыта и определяется техническими условиями проведения эксперимента.

Форма делянки. Говоря о форме делянки, обычно имеют в виду отношение ее длины к ширине. Делянки называют квадратными при отношении сторон, равном 1 (10×10 м или 5×5 м); прямоугольными – при отношении длины к ширине больше 1, и меньше 10 (5×20 или 4×20 м); удлиненными – при отношении более 10 (2,5×40 м или 4×60 м).

Данные рекогносцировочных посевов позволили установить, что длинные узкие делянки полнее охватывают пестроту земельного участка и обеспечивают лучшую сравнимость вариантов опыта.

Эффект от удлинения наиболее сильно проявляется при отношении сторон в пределах 1:10 – 1:15. Дальнейшее удлинение не дает существенных положительных результатов и бывает целесообразным лишь с точки зрения технологического удобства, например, в сортоиспытании, при постановке опытов со сроками, способами и нормами посева и др.

Удлиненная форма оказывается наиболее рациональной при больших размерах делянок и при закладке опыта на склоне, когда можно ожидать заметного изменения плодородия почвы. В последнем случае длинные, узкие делянки необходимо располагать вдоль склона так, чтобы каждая из них захватывала все его элементы.

Существенным недостатком вытянутых делянок по сравнению с прямоугольными и квадратными является их большой периметр. Это требует выделения большой площади для устранения краевых эффектов. В зависимости от характера опыта между делянками необходимо иметь рамку защитных полос, причем площадь этих неучетных защиток на удлиненных делянках будет значительно больше, чем на делянках прямоугольной и квадратной формы.

В большинстве стационарных полевых опытов с площадью делянок от 20 до 200 кв. м применяют делянки, у которых длина превосходит ширину в 5-10 раз; опыты на делянках большего размера обычно ставят при более широком соотношении сторон, а именно длина превышает ширину обычно в 10-20 раз. Для удобства проведения работ (обработка почвы, посев, уход, уборка и т.п.) ширину делянки целесообразно устанавливать кратной ширине рабочих захватов сельскохозяйственных машин, особенно посевных и уборочных.

Эффект от более вытянутой формы делянок наиболее сильно проявляется при больших их размерах, в сложных схемах, когда расстояние между делянками квадратной формы может быть очень значительным. В опытах с небольшим числом вариантов (8-10) и размером делянок около 100 кв. м достаточно высокая точность получается и при прямоугольных или квадратных делянках. Только при больших схемах опыта и величине делянки более 100-200 кв. м имеет смысл придавать ей удлиненную форму с соотношением длины к ширине больше 10.

Квадратная форма делянки предпочтительнее прямоугольной и вытянутой в опытах, где смежные варианты могут сильно влиять друг на друга. Например, при внесении ядохимикатов в виде растворов и дустов ветер может сносить их на соседние делянки. Поэтому необходимо выделять большие боковые защитные полосы, что ведет к нежелательному сокращению учетной площади делянок или увеличению общей площади опытного участка. В этих случаях преимущество в экономии опытной полезной площади, безусловно, принадлежит делянкам квадратной формы.

При изучении химических средств борьбы с болезнями и вредителями необходимо также иметь в виду, что из центра делянки квадратной формы

вредителям и грибам труднее мигрировать на соседние варианты, так как путь их длиннее, чем из центра прямоугольной и вытянутой делянки.

Что касается формы опытного участка, то здесь, безусловно, следует отдать предпочтение форме, близкой к квадрату. В этом случае при любой системе расположения делянок расстояние между вариантами опыта бывает минимальное и сравнимость их между собой лучшая, однако необходимо при планировании размеров делянки обязательно учитывать ширину захвата сельскохозяйственных машин, которые будут использоваться.

### **Практические занятия по теме главы:**

#### **Занятие 1 (3). Основные элементы методики и техники эксперимента**

##### **Цели занятия:**

1. ознакомиться с основными элементами методики полевого опыта;
2. 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.

##### **Задания:**

1. пользуясь рекомендуемой литературой и вводными пояснениями изучить материал по теме;
2. выписать в рабочую тетрадь основные понятия и термины по теме;
3. решить задачу согласно предложенному варианту:

Вариант 1. 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,  $s_x^- = 2$  ц/га;
- 3). общее число делянок.

Вариант 2. Установить действие известкования почвы и различных доз минеральных удобрений (3 градации) на пораженность клубней картофеля (сорт Жуковский ранний) обыкновенной паршой.

Требуется определить:

- 1). число вариантов;

- 2). число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что  $s = 12$  ц/га,  $s_x^- = 6$  ц/га;
- 3). общее число делянок.

Вариант 3. Изучить влияние орошения (3 градации) и 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,  $s_x^- = 1,6$  ц/га;
- 3). общее число делянок.

Вариант 4. Изучить эффективность инсектицида, относящегося к классу синтетических пиретроидов 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,  $s_x^- = 6,4$  ц/га;
- 3). общее число делянок.

Вариант 5. Дать оценку эффективности фитоверма (3 градации) и препарата фастак (2 градации) в борьбе с яблонной плодовой жоржкой. Для опыта взять 2 сорта яблони.

Требуется определить:

- 1). число вариантов;
- 2). число повторностей, если предварительными исследованиями установлено, что  $s = 14,6$  ц/га,  $s_x^- = 7,1$  ц/га;
- 3). общее число делянок.

### **Вводные пояснения**

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:

1. отвечать принципу типичности по отношению к почвенно-климатическим, агротехническим условиям района, зоны, в которых предполагается использовать результаты опыта;
2. 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 планировании 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. 1).

Таблица 1 – Относительная ошибка опыта в зависимости от числа вариантов при равной площади делянок (Деревицкий, 1962)

Сахарная свекла		Картофель	
число вариантов $l$	относительная ошибка опыта $(\frac{s-x}{x})$ , %	число вариантов $l$	относительная ошибка опыта $(\frac{s-x}{x})$ , %
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 повторений 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:  $НСР_{05} \approx 3 s_x^-$ .

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  $5$  ( $15 : 3$ ); 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 исследованиях желательно стремиться к тому, чтобы относительная ошибка опыта ( $s_x^-$ ) была небольшой. В случаях, когда ошибка довольно большая, необходимо выяснить причину и учесть это при последующем планировании и постановке исследований.

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:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n - 1}}, \quad (4)$$

где:  $s$  – среднее квадратическое (стандартное) отклонение;  $\Sigma$  – 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  $V$ :

$$V = \frac{s \times 100}{\bar{x}} \quad (5)$$

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

$$n = \left( \frac{V}{s_x^-} \right)^2, \quad (6)$$

где:  $n$  – число повторностей для требуемой ошибки опыта;  $s_x^-$  – 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 м<sup>2</sup>, 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 м<sup>2</sup>, а на первоначальных этапах исследований от 10 до 50 м<sup>2</sup>; делянки площадью менее 10 м<sup>2</sup> 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 полевых защитных 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.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные элементы методики полевого опыта.
2. В чем различия между повторностью и повторением?
3. Как влияют число вариантов и количество повторений на ошибку опыта?
4. Какие данные необходимо учитывать при выборе земельного участка под опыт?
5. Для чего проводятся почвенные исследования земельного участка?
6. По каким показателям изучают окультуренность опытного участка?
7. Что такое типичность опыта?
8. Что следует брать за контроль?
9. Контроль и стандарт: их различия.
10. Почему в опытах необходимо вводить дополнительные контроли и варианты?
11. Сколько растений должно быть на одной опытной делянке?

## Занятие 2 (4). Ориентация делянок и методы размещения вариантов

### Цели занятия:

1. ознакомление с основными методами размещения вариантов на опытном участке;
2. освоение особенности специфических методов, используемых в научных экспериментах.

### Задания:

1. пользуясь рекомендуемой литературой и вводными пояснениями изучить материал по теме;
2. в процессе планирования схемы опыта осмыслить сущность стандартного, систематического и рендомизированного методов, уяснить значение варьирования плодородия почвы опытного участка на выбор метода размещения вариантов;
3. решить задачи по размещению вариантов опытов на земельном участке с использованием различных методов:

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

Задача 2. Разместить 5 вариантов опыта в 2 ярусах в четырехкратной повторности методом рендомизации.

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

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

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

### Вводные пояснения

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 дня проведения

опыта однородный во всех отношениях земельный участок. Нужно четко представлять всю сложность конкретной обстановки, в которой на практике осуществляются полевые опыты, и хорошо 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 урожаи, получаемые с делянок, колеблются вокруг некоторого среднего значения. Эти колебания существенно не меняются при переходе от делянки к делянке (рис. 2). Разности между выборочными средними значениями (например, делянки 5-10 и 25-30) статистически несутворны. 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 урожаи выращиваемых культур при переходе от

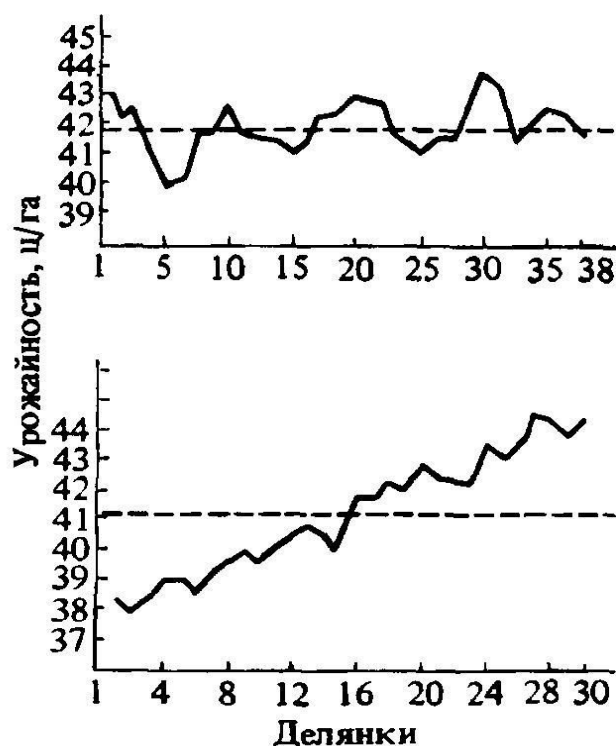


Рисунок 2– Случайное (вверху) и закономерное (внизу) варьирование урожайности озимой пшеницы по делянкам дробного учета (пунктиром обозначен средний уровень урожайности)

делянки к делянке характеризуются более высоким или, наоборот, более низким значением (см. рис. 2). 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. 3). При этом в зависимости от конфигурации участка повторности опыта могут размещаться в один, два или несколько ярусов.

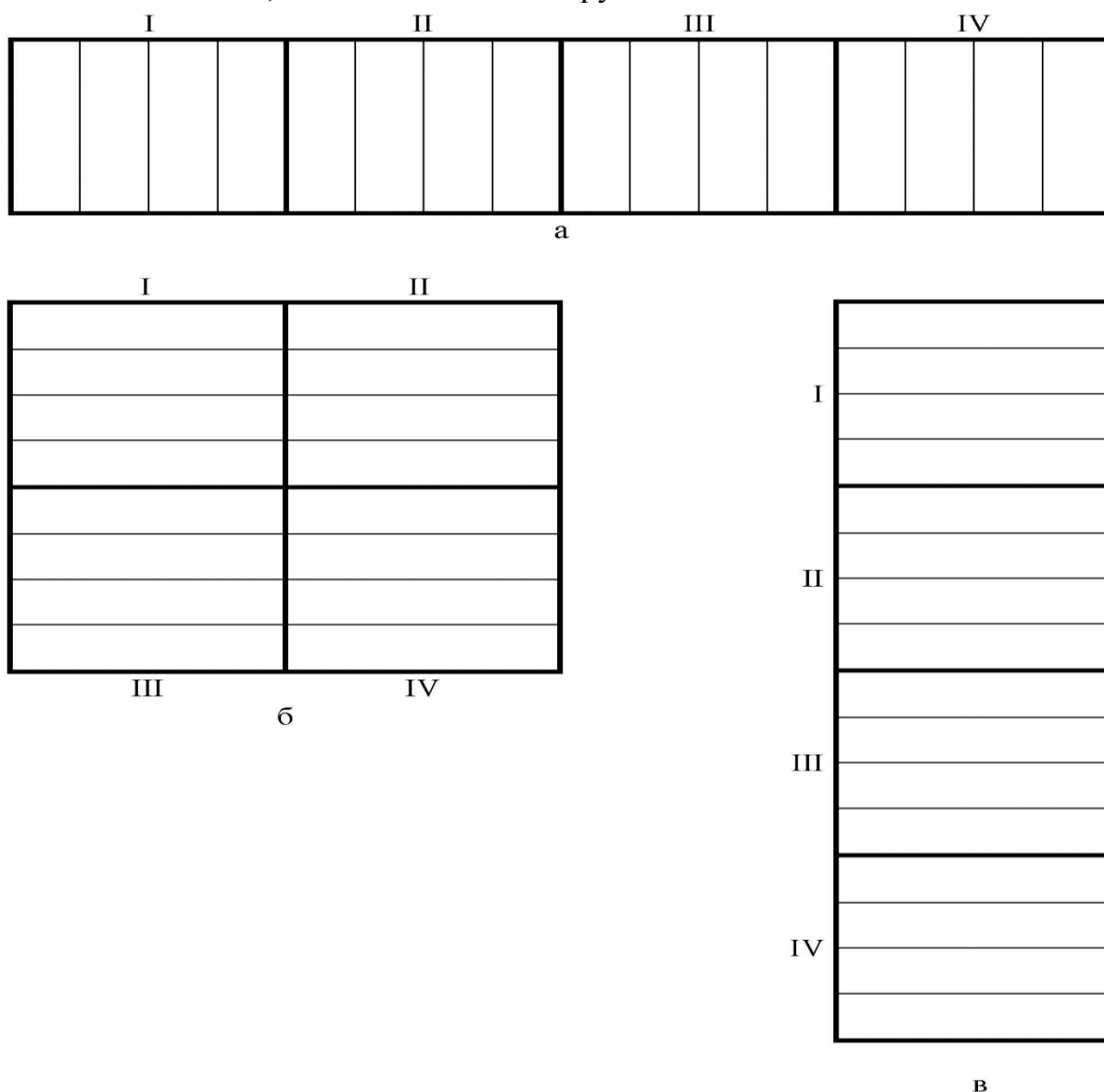


Рисунок 3– Сплошное размещение повторений на опытном участке:  
а – в один ярус; б и в – соответственно в два и четыре яруса

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. 3б и 3в). При этом в каждом ярусе должно быть целое число повторений.

Разбросанное расположение повторений (рис. 4) 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).

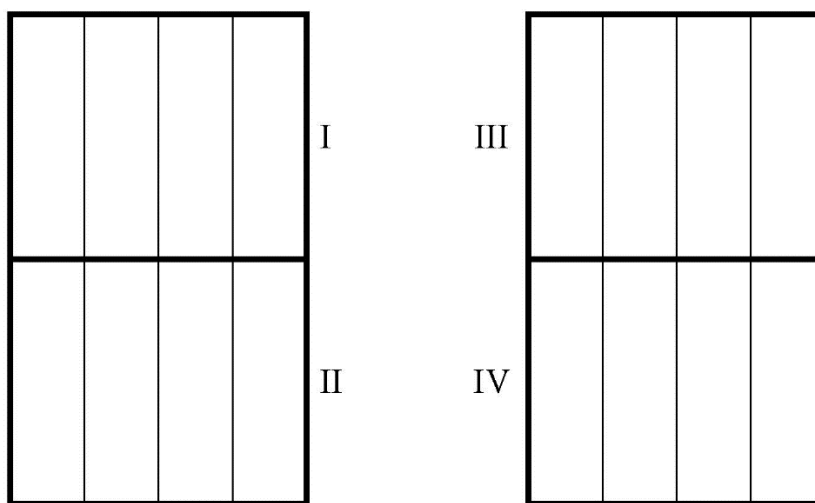


Рисунок 4– Разбросанное расположение повторений на опытном участке

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. 5а).

I				II				III				IV						
	1	2		3	1		2	3		1	2		3	1		2	3	
К			К			К			К			К			К			К

а

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

б

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

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

в

г

Рисунок 5– 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. 5б).

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. 5в). 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. 5г).

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. 6). В практике опытного дела наиболее распространенными

считают метод случайных блоков (повторений) (рис. 7), метод латинского квадрата (рис. 8, 9) и латинского прямоугольника (рис. 10).

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

а

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

III

IV

б

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

в

Рисунок 6– Схема размещения вариантов опыта методом рендомизации 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

Рисунок 7– Размещение вариантов опыта методом рендомизированных (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

Рисунок 8– Схема размещения вариантов опыта методом латинского квадрата: а – систематическое; б – рендомизированное

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

Рисунок 9– Размещение четырех (а) и пяти (б) вариантов опыта методом латинского квадрата

При расположении вариантов по методу латинского квадрата число повторений должно быть обязательно равно числу вариантов ( $4 \times 4$ ;  $5 \times 5$ ;  $6 \times 6$ ). 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.

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

Рисунок 10– Схема размещения вариантов на опытном участке методом латинского прямоугольника

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 случайно 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.

## Контрольные вопросы

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 рендомизированном 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 понимают под однорядным размещением повторений?
12. Что такое последовательное расположение вариантов опыта?

## Глава 3. Методы планирования исследований

### 3.1. Планирование полевого эксперимента

Научные 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.

Планирование эксперимента. Планирование – это определение задачи и объектов (растений) исследования, разработка схемы эксперимента, выбор земельного участка и оптимальной структуры полевого опыта. Нетерпение и поспешность при планировании полевого опыта редко приводят к быстрому и результативному завершению экспериментальных исследований и разработок. Больше того, поспешность 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 слишком дорого. Ошибки, допущенные при планировании, нельзя исправить в последующем ни тщательным проведением опытной работы, ни применением дорогостоящих инструментальных методов исследования и статистической обработки на современных ЭВМ.

Период, предшествующий исследованию, включает: 1). выбор темы, определение задачи и объекта исследования; 2). изучение современного

состояния вопроса; 3). выдвижение рабочей гипотезы или ряда конкурирующих гипотез; 4). разработку схемы и 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 избранной проблеме и выдвижение рабочей гипотезы или ряда конкурирующих гипотез. Рабочая гипотеза служит отправным пунктом для составления схемы или ряда схем будущих опытов и разработки программы исследования. В программе указывают схемы 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.

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 А, В, С, D, E. В общем, схему однофакторных опытов с качественными градациями можно записать так: А, В, С, ..., 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 также 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) значениям 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 изучаемого фактора. Если неправильно установлен центр эксперимента и приняты незначительные различия в дозах (градациях), то экспериментальные точки могут охватывать только лимитирующую или стационарную область, и, следовательно, на основании этой информации нельзя установить оптимальный уровень для изучаемого в опыте фактора. Другая опасность возникает в том случае, когда шаг варьирования выбран слишком большим и можно «проскочить» точку максимума. Точные рекомендации по выбору величины шага дать невозможно, и многое здесь зависит от квалификации и интуиции экспериментатора.

Если предварительные сведения об изучаемом явлении отсутствуют, выбор основного уровня, центра эксперимента приходится делать более или менее случайным образом, руководствуясь общими представлениями о процессе. При выборе шага варьирования необходимо так установить градации факторов, чтобы в лимитирующей области вызванное этим варьированием изменение результативного признака, например, урожая, превышало наименьшую существенную разность ( $НСР_{05}$ ).

В общем виде схему однофакторного опыта по изучению градаций (доз) фактора А можно представить так:  $a_0, a_1, a_2, a_n$ . Здесь индексами 0, 1, 2, ..., n, обозначены градации фактора А в условных единицах, где 0 – низшая, нулевая градация. Например, при изучении отзывчивости озимой пшеницы Мироновская 808 на пять уровней питания (0 – без удобрений, 1 –  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , 2 –  $N_{120}P_{120}K_{120}$ , 3 –  $N_{180}P_{180}K_{180}$ , 4 –  $N_{240}P_{240}K_{240}$ ), в общем виде схема опыта будет такой:  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4$ . Конкретная схема:

1. Мироновская 808 без удобрений (контроль,  $a_0$ ).
2. То же +  $N_{60}P_{60}K_{60}$  ( $a_1$ ).
3. » +  $N_{120}P_{120}K_{120}$  ( $a_2$ ).
4. » +  $N_{180}P_{180}K_{180}$  ( $a_3$ ).
5. » +  $N_{240}P_{240}K_{240}$  ( $a_4$ ).

Подчеркнем принципиальное различие между однофакторными опытами с качественными (дискретными, прерывистыми) и

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

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 факториальности. 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. Для количественных факторов нулевая градация (0) означает отсутствие изучаемого фактора, например, без удобрений, без полива и т.п. или его какой-то низший уровень, например, минимальная норма посева, глубина обработки и т.п. Для качественных факторов нулевая градация означает контрольный вариант – стандартная система обработки, стандартный сорт и т.д.

В качестве примера наиболее простой факториальной схемы может служить опыт с изучением двух факторов А и В, каждый из которых испытывается в двух градациях 0 и 1. Такой факториальный опыт обозначается  $2 \times 2$ . Количество вариантов в схеме этого опыта определяется произведением  $2 \times 2 = 4$ , где число сомножителей – это число изучаемых факторов, а каждый из сомножителей указывает на число градаций данного фактора. Например, при изучении двух видов удобрений (азотных и фосфорных) в двух градациях (дозы 0 и 1) схема факториального опыта будет следующей: 0, N, P, NP. Этот опыт позволяет определить эффекты действия N, P и NP и взаимодействие N и P.

Если в схему опыта мы включим третий фактор, допустим калий, и также в двух градациях, то получим факториальную схему  $2 \times 2 \times 2$ . В этом опыте будет уже восемь вариантов  $2 \times 2 \times 2 = 8$ : 0, N, P, K, NP, NK, PK, NPK. Это широко известная восьмерная схема для изучения удобрений является полной (факториальной), так как в ней есть все возможные сочетания трех видов удобрений N, P и K. Она позволяет определить эффект N, P и K в отдельности, их парные взаимодействия NP, NK, PK и тройное взаимодействие NPK.

Полная многофакторная схема дает возможность получить из эксперимента максимум информации. Поэтому там, где нет особых препятствий к проведению опыта по факториальной схеме, ей нужно отдать предпочтение. Стремление сократить схему путем исключения практически неинтересных вариантов ведет к потере значительной части информации, не позволяет установить взаимодействие факторов, сводит эксперимент к простому однофакторному опыту.

Применение полных факториальных схем особенно полезно и незаменимо при выяснении парных взаимодействий различных факторов, например, удобрений и орошения, обработки почвы и известкования и т.п. Совершенно очевидно, какое огромное значение имеют исследования, направленные на разработку такого сочетания приемов, которое может способствовать положительному взаимодействию факторов. Чаще всего оно проявляется при сочетании разноименных факторов, и, наоборот, сочетание факторов, действующих в одном направлении, часто ведет к отрицательному результату, который указывает на практическую целесообразность раздельного применения этих факторов воздействия. Все это свидетельствует о том, что при планировании многофакторных опытов в комплекс надо включить разноименные факторы.

Планирование полных факториальных схем облегчается использованием специальной символики (кодирования) вариантов. Изучаемые факторы обычно обозначают заглавными латинскими буквами А, В, С, D и т.д., а их градации – цифрами 0, 1, 2, 3 и т.д. Кодирование позволяет все разнообразие схем многофакторных опытов свести к ряду стандартных таблиц, получивших название матриц планирования. Число столбцов в таблице соответствует числу факторов, а число строк – числу вариантов.

Матрица планирования для 2-3-факторных экспериментов, в которых каждый фактор имеет три градации (0, 1, 2), т.е. схемы полных факториальных опытов  $3 \times 3$  и  $3 \times 3 \times 3$ .

Для плана  $3 \times 3$  и плана  $3 \times 3 \times 3$  каждый вариант обозначен комбинацией строчных латинских букв, соответствующих тем факторам, которые находятся в этой строчке.

По такому же принципу строят планы других полных факториальных опытов и, в частности, тех из них, в которых планируется изучить разное число градаций каждого фактора. Пример такого плана для опыта, в котором фактор А имеет три, а фактор В – четыре градации ( $3 \times 4 = 12$  вариантов).

Если в плане определен порядок факторов, например, А, В, С и D и т.д., то варианты опыта в кодированных переменных часто обозначают только цифрами, которые указывают на дозы в условных единицах 0, 1, 2 и т.д. Например, вариант, где факторы А и В находятся на нулевом уровне  $a_0b_0$ , записывается двузначным числом 00, вариант  $a_1b_2$  – 12, вариант  $a_0b_2c_1$  – трехзначным числом – 021, вариант  $a_3b_0c_2$  – 302 и т.д.

Примером конкретного факториального плана  $3 \times 4$  может служить схема опыта с картофелем, в котором три системы основной обработки

почвы (0, 1, 2 – качественный фактор А) испытываются на четырех уровнях питания (0, 1, 2, 3 – количественный фактор В):

1. Вспашка без удобрений ( $a_0v_0$ );
2. То же + навоз 20 т +  $N_{60}P_{60}K_{60}$  ( $a_0v_1$ );
3. » + » 20 » +  $N_{120}P_{120}K_{120}$  ( $a_0v_2$ );
4. » + » 20 » +  $N_{180}P_{180}K_{180}$  ( $a_0v_3$ );
5. Плоскорезная обработка без удобрений ( $a_1v_0$ );
6. То же + навоз 20 т +  $N_{60}P_{60}K_{60}$  ( $a_1v_1$ );
7. » + » 20 » +  $N_{120}P_{120}K_{120}$  ( $a_1v_2$ );
8. » + » 20 » +  $N_{180}P_{180}K_{180}$  ( $a_1v_3$ );
9. Фрезерная обработка без удобрений ( $a_2v_0$ );
10. То же + навоз 20 т +  $N_{60}P_{60}K_{60}$  ( $a_2v_1$ );
11. » + » 20 » +  $N_{120}P_{120}K_{120}$  ( $a_2v_2$ );
12. » + » 20 » +  $N_{180}P_{180}K_{180}$  ( $a_2v_3$ ).

Решающее значение для успеха многофакторного эксперимента имеет удачный выбор основного уровня (центра эксперимента) и единиц (шага) варьирования изучаемых факторов. Целесообразно так установить шаг варьирования, чтобы нижний и верхний уровни варьирования находились в активных областях (лимитирующей и ингибирующей) на кривой зависимости резульативного признака от величины отдельного фактора.

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

1. Опытные данные показывают влияние каждого фактора в различных условиях, создаваемых изменением других факторов.

2. Испытание различных сочетаний факторов позволяет получить более надежные основания для практических рекомендаций, остающихся пригодными и при изменяющихся условиях

3. При независимом действии факторов один многофакторный опыт дает столько же информации о каждом из них, как если бы весь эксперимент был посвящен исследованию только одного фактора. Если же факторы взаимодействуют, то мы получаем большую дополнительную информацию о величине и характере их взаимодействия.

Существенный недостаток полных факториальных схем при изучении трех и более факторов в четырех-пяти и более градациях – их многовариантность и связанные с этим затруднения практического осуществления опыта. В трехфакторных опытах, например, увеличение числа градаций каждого фактора с 2 до 5 увеличивает число вариантов с 8 до 125 ( $2 \times 2 \times 2 = 8$  и  $5 \times 5 \times 5 = 125$ ). Закладка опыта с большим числом вариантов требует выделения крупного земельного участка, что существенно увеличивает ошибку и усложняет техническое проведение эксперимента.

Вместе с тем, чтобы получить надежные для производственного использования математические модели урожая, число точек (доз), необходимых для построения кривых действия изучаемых в многофакторном опыте факторов, должно быть не менее пяти.



Исследования, выполненные ВИУА (В.Н. Перегудов, Т.И. Иванова и др., 1976), показали, что противоречия между многовариантностью и требованием иметь компактные территориальные размеры опыта можно разрешить двумя путями. Во-первых, переходом к конструированию неполных факториальных схем, которые представляют собой специальные выборки и 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 Д. Фишером (Англия), суть которого – блокировка вариации в компактные сравнимые группы (блоки) внутри каждого повторения. При блокировке экспериментатор намеренно жертвует взаимодействиями высшего порядка, например, тройным (действием ABC, которое в условиях полевых опытов, как правило, несущественно и не представляет интереса, смешивает их с междублоковыми различиями, чтобы более точно сравнить варианты внутри блока.

Для иллюстрации метода смешивания рассмотрим простой пример. В опыте  $2 \times 2 \times 2$  решено пожертвовать тройным взаимодействием и сгруппировать 8 вариантов опыта в два блока по 4 варианта так, чтобы разность в урожаях между вариантами этих двух блоков и составляла эффект взаимодействия ABC. Чтобы правильно сгруппировать варианты, воспользуемся схемой – алгоритмом Ф. Йейтса для вычисления эффектов факторов и взаимодействий.

В строке «Итог» записывают урожаи, полученные на соответствующих вариантах опыта. Эффекты A, B, C и взаимодействия AB, AC, BC и ABC находят вычитанием из суммы урожаев вариантов, обозначенных +, суммы других обозначенных –.

Для двухфакторного опыта  $2 \times 2$  используют первые четыре колонки и строчки, а трехфакторного  $2 \times 2 \times 2$  – всю схему. Чтобы получить средние из частных эффектов, которые называют «главными эффектами», и средние эффекты для взаимодействия, необходимо полученные разности урожаев в двухфакторном опыте разделить на 2 (среднее из двух), в трехфакторном – на 4 (среднее из четырех), в четырехфакторном – на 8 и т.д.

Согласно алгоритму, интересующее нас взаимодействие ABC вычисляем по формуле:

$$|ABC| = 1/4 (a + b + c + abc) - (0 + ab + ac + bc). \quad (7)$$

Разность между суммами урожаев левой и правой частей формулы и есть тройное взаимодействие, которое жертвуется, и оно «смешивается» (отождествляется) с блоковыми различиями, если варианты, a, b, c, abc расположить территориально в одном блоке, а варианты 0, ab, ac, bc – в другом.

Блоки внутри повторений и варианты по делянкам каждого блока размещают рендомизированно. При четырехкратной повторности расположение опыта  $2 \times 2 \times 2$ , в котором смешано тройное взаимодействие ABC, представлено на рисунке 24. Схема  $2 \times 2 \times 2$  содержит всего 8

вариантов, и блокировка их не является обязательной для уточнения опыта. Она приведена для иллюстрации принципа, который широко используется при закладке многовариантных факториальных опытов с удобрениями. Блокировка становится необходимой, когда схема включает более 16-20 вариантов и территориальные размеры повторения становятся большими, что резко увеличивает ошибку опыта.

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

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 грациями факторов. Минимальная продолжительность – ротация севооборота.

Наиболее сложно решить вопрос о методике развертывания многолетнего опыта во времени и на территории. Предположим, что *A, B, C, D, E* – пять вариантов, например, пять севооборотов, пять систем удобрения или пять систем обработки почвы в шестипольном севообороте. Возникает вопрос: как развернуть опыт – на всех полях севооборота или на части из них? В опытной сети получили распространение 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 севооборотах 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.

По данным методических разработок (И.Г. Пыхтин, Г.А. Чуян, 1977 г.), эти опасения преувеличены. Нет существенных различий в информации по продуктивности севооборота, полностью развернутого на всех восьми или только на двух-трех полях. Даже при закладке стационара с удобрениями одним полем в 75% случаев получены несущественные различия с данными по восьми полям.

3. Опыт развертывается постепенно при ежегодном введении в эксперимент одного поля. Постепенное развертывание и усложнение схемы позволяют правильно размещать культуры по предшественникам, но затягивают полную закладку опыта за ротацию севооборота. Метод целесообразно использовать, если планируется стационар, развернутый на двух-четырех полях. При закладке опыта на всех полях севооборота с 6-8-летней ротацией следует запланировать ежегодное введение в эксперимент не одного, а двух - четырех полей и заложить опыт в 2-3 года.

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

Важно правильно ориентировать делянки на территории опытного участка. Общее требование к их ориентации следующее: делянки необходимо расположить длинной стороной в том направлении, в каком сильнее всего изменяются не изучаемые в опыте условия жизни растений, например, плодородие почвы земельного участка, господствующие ветры, действие лесополосы, изгороди и т.п. Это общее требование следует соблюдать, всегда, кроме специальных опытов по изучению эрозии почвы и влияния склонов разной крутизны.

Все многообразие действия не изучаемых в опыте факторов на 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 опытнои участке четко изменяются в одном направлении (вдоль одного вектора: вдоль склона, в направлении к лесополосе, реке и т.п.). Ориентация делянок должна быть в том же направлении, в каком изменяются незуучаемые условия.

3. Незуучаемые условия возделывания варьируют в двух взаимно перпендикулярных направлениях (двухсторонний склон, 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. В каждом ряду и столбце должны быть представлены все варианты опыта, и, следовательно, двухстороннее воздействие незуучаемых факторов при таком расположении будет сбалансировано.

4. Незуучаемые условия изменяются в 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 резульативный признак. Иногда 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, следовательно, сэлиминировать влияние трех векторов на резульативный признак.

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 ( $НСР_{05} \sim 3s_x$ ), и, следовательно, ошибка опыта должна быть втрое меньше предполагаемых минимальных эффектов вариантов. Если, например, экспериментатор предполагает, что изучаемые в опыте мероприятия увеличат урожай (или другой резульативный признак) в сравнении со стандартом не менее чем на 6 ц на 1 га, то достаточно иметь опыт с ошибкой 2 ц на 1 га ( $6 : 3 = 2$ ) а 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 и на 1 га, ошибка опыта должна быть около 0,3-0,5 ц на 1 га

При планировании опыта у исследователя обычно уже имеются данные прежних экспериментов, проведенных в сходных условиях и на делянках близкого размера. Статистическая обработка этих данных позволяет определить ошибку опыта без повторности ( $s$  – стандартное отклонение), необходимую для расчета повторности планируемого эксперимента.

Например, для  $s_x = 1$  ц на 1 га при величине  $s = 2,2$  ц на 1 га, полученной в опыте, проведенном в сходных условиях, необходимо:

$$n = \left( \frac{S}{S_x} \right)^2 = \left( \frac{2,2}{1} \right)^2 = 5 \text{ повторений.} \quad (8)$$

Большую часть простых однофакторных и маловариантных многофакторных опытов проводят при 4-6-кратной повторности; 6-8 повторностей применяют в опытах, которые закладывают на небольших делянках ( $2-10 \text{ м}^2$ ) и недостаточно выравненных земельных участках: повторность свыше 8-кратной используют в отдельных случаях, например, на первых этапах селекции при оценке гибридов овощных и других культур, когда каждое растение занимает отдельную делянку.

Многовариантные факториальные опыты, спланированные на основе теории смешивания, проводят в 2-3-кратной повторности с группировкой вариантов в блоки.

Следует подчеркнуть большое значение изучения предшествующих экспериментов для выбора оптимального плана будущего опыта. Оно позволяет предсказать последствия использования различных структур полевого опыта, дает возможность улучшить будущие эксперименты.

В заключение отметим, что повторность и размер делянок в полевом опыте должны быть согласованы так, чтобы обеспечить оптимальные агротехнические условия и низкую ошибку эксперимента. Для земельного участка определенной площади характерна довольно устойчивая закономерность: ошибка заложенного здесь опыта будет тем меньше, чем больше повторность и, следовательно, меньше площадь делянки. Увеличение делянки при неизменной площади под опытом ведет к уменьшению повторности и увеличению ошибки эксперимента.

### **3.2. Планирование наблюдений и учетов**

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); и 4). обеспечить представительность отбираемых выборок.

Наиболее распространенной ошибкой начинающих экспериментаторов является включение в программу исследования случайного набора наблюдений и учетов без заранее намеченных целей и технических возможностей в надежде, что они для чего-нибудь пригодятся. Наблюдать можно бесчисленное число объектов и явлений, и поэтому необходимо ограничить их лишь тем, что особенно нужно для понимания действия изучаемого фактора, тем что вытекает из задач и схемы опыта, является ее органической частью. Целенаправленность – важнейшее требование к любому наблюдению, сопутствующему полевому опыту. Небольшое число продуманных и целеустремленных наблюдений гораздо ценнее, чем груды случайно выбранных шаблонных описаний фаз развития, измерений высоты и подсчеты густоты, очень трудоемких, часто не согласованных с общей целью опыта и впоследствии обычно редко используемых. Опыт должен сопровождаться не стандартным набором наблюдений, а теми наблюдениями, без которых нельзя понять изучаемое явление и объяснить получение тех или иных прибавок урожая или характер изменения его качества.

Сроки и периодичность проведения наблюдений и учетов определяются целью исследования и техническими возможностями. Для общей характеристики агрофизических свойств почвы исследования лучше проводить в период роста культурных растений, тогда как, например, для учета засоренности почвы семенами сорных растений, учета общего количества растительных остатков и агрохимической характеристики почвы целесообразнее пробы почвы брать весной (до посева) и осенью (после уборки урожая).

При исследовании динамики какого-либо процесса целесообразнее установить календарные сроки для взятия образцов, наблюдений и учетов, отделенных друг от друга равными промежутками времени, не приурочивая их строго к фазам развития растений. Имея динамику процесса через равные промежутки времени, легко установить его напряженность для любого момента.

Чтобы полнее выяснить динамику изучаемого процесса, необходимо вести наблюдения с возможно малыми промежутками времени. Наиболее ответственные наблюдения проводят с интервалами 1-2 недели. Если есть основания считать происходящие во времени изменения незначительными, то можно увеличить интервалы до 3-4 недель, но с таким расчетом, чтобы за весь период исследования иметь 4-5 дат. Во всех случаях желательно получить такой ряд значений, который позволил бы построить эмпирическую функцию (кривую) изучаемого процесса во времени.

Оптимальный объем выборки (пробы) при планировании наблюдений и учетов определить более сложно. С точки зрения статистики наблюдения,

которые проводят в полевых экспериментах, относятся преимущественно к двухстадийным и трехстадийным выборкам.

Полевой опыт – особая форма выборки, в которой элементарной единицей первого порядка служит делянка. Для каждого варианта опыта число делянок, т.е. наблюдений первого порядка  $n_1$ , всегда ограничено числом повторений.

При сплошном поделяночном учете какого-нибудь показателя, например, урожая, такой учет имеет ошибку, которая характеризуется стандартным отклонением  $S_1$  (ошибка делянки), а ошибка средней определяется в этом случае по формуле:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1}}. \quad (9)$$

Для заложенного полевого опыта единственный способ снижения ошибки среднего при сплошном поделяночном учете – увеличение числа параллельных делянок, подлежащих учету. Дробный учет внутри делянки не создает повторности, не увеличивает значения  $n_1$  и, следовательно, не может повысить точность наблюдения.

Если на делянках выделяют площадки для полевых наблюдений или учетов, отбирают пробы растений или почвы, то это уже двухстадийная выборка, и которой площадки (пробы) будут относиться к единицам второго порядка  $n_2$  с соответствующей им ошибкой отбора проб  $S_1^2$ . Формула расчета ошибки среднего приобретает вид:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_1 n_2}}. \quad (10)$$

Когда от единиц наблюдений второго порядка, например, растительных или почвенных проб, отбирают  $n_3$  навесок для анализов, то это уже будут единицы наблюдения третьего порядка с ошибкой анализа  $S_3^2$ . Ошибку средней в трехстадийной выборке определяют по формуле:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_1 n_2} + \frac{S_3^2}{n_1 n_2 n_3}}. \quad (11)$$

Исследования кафедры земледелия и методики опытного дела ТСХА показали, что ошибки параллельных анализов  $S_3^2$  обычно малы по сравнению с ошибками делянки  $S_1^2$  и ошибками отбора проб  $S_2^2$ . Поэтому точность наблюдений в трехстадийных выборках можно заметно повысить путем увеличения числа параллельных делянок, взятых для учета, и числа проб делянки, если, конечно, в аналитической работе не допускаются грубые промахи. Другими словами, план выборочного наблюдения должен предусматривать снижение ошибки среднего, и в первую очередь, за счет увеличения числа единиц наблюдений первого порядка  $n_1$ , затем второго  $n_2$ , и, наконец третьего порядка  $n_3$ .

Если определение тех или иных показателей в полевом опыте является важной задачей и необходима статистическая оценка полученных данных, то рационально планировать отбор проб на всех или минимум на двух-трех повторениях. Образцы с параллельных делянок следует анализировать отдельно. Если же исследование проводят только для общей характеристики опытного участка и статистическая обработка данных не требуется, можно объединить все образцы с параллельных делянок в один смешанный образец и отбирать пробы с одного-двух повторений.

В опытах, спланированных по полным факториальным схемам с достаточно большим числом градаций изучаемых факторов, статистический анализ данных наблюдений (анализов) может быть проведен и в том случае, если пробы отбирают на всех вариантах только одного повторения.

При установлении числа учетных площадок и проб с делянки следует учитывать не только величину обследуемой площади, но и степень изменчивости признака. Во всех случаях число учетных единиц – растений, проб почвы, замеров глубины обработки почвы, площадок для подсчета культурных и сорных растений и т.д. – должно быть достаточным, чтобы охватить всю внутриделяночную вариабельность. Трудно рассчитывать на репрезентативность отбора проб с делянки, если число их сводится к минимуму. Большой внутриделяночной вариабельностью характеризуется засоренность посевов и почвы, влажность и объемная масса почвы, содержание гумуса, подвижных форм азота, фосфора и калия. Вот почему ошибки, связанные с отбором почвенных и растительных проб, часто достигают 80-90% по отношению к суммарной ошибке определения, принятой за 100%.

Все еще распространено необоснованное убеждение, что достаточно иметь несколько хорошо сходимых параллельных анализов, чтобы считать данные достаточно надежными. Между тем сходимость параллельных характеризует лишь так называемую внутрिलाбораторную ошибку (ошибку метода), а не ошибку выборки, величина которой определяется в основном количеством и качеством отбора проб в выборку, т.е. её репрезентативностью.

Чтобы правильно ответить на вопрос об оптимальном числе проб, достаточном для характеристики делянки полевого опыта необходимо иметь сведения о степени варьирования основных объектов наблюдения в местных условиях. В качестве ориентировки, опираясь на материалы кафедры земледелия и методики опытного дела ТСХА, можно указать, что с разных мест делянки площадью 100-200 м<sup>2</sup> необходимо отбирать 8-12 проб (площадок). В опытах с площадью делянок меньше 100 м<sup>2</sup> число проб можно сократить до 6-8, а если площадь делянок больше 200 м<sup>2</sup>, число проб следует увеличить до 15-20.

Чтобы обеспечить представительность отбираемой выборки, необходимо тщательно продумать такие приемы отбора проб, которые устраняли бы возможность появления систематических ошибок. Ошибки



смещения, довольно характерные для многих агрономических исследований, устраняются, если наблюдатель обеспечивает равную вероятность для всех объектов попасть в выборку, а не подбирает «типичные», по его представлениям, пробы. Достигается представительность выборки независимым от наблюдателя рендомизированным, случайным отбором единиц наблюдений в выборку.

Согласно современной теории выборочного метода, рендомизированный отбор устраняет смещенные оценки, значительно улучшает качество информации, позволяет экспериментатору использовать статистические методы обработки данных. Такие термины, как «типичный образец», «типичное растение», «типичный по засоренности участок», – примеры непредставительности, так как выбор «типичного» всегда субъективен и данные, полученные на основе изучения такой нерепрезентативной выборки, характеризуют только собранный материал, а не совокупность, подлежащую обследованию. В подобных условиях получается искаженная, смещенная выборка, поэтому собранный материал нельзя обрабатывать статистически.

### **Практические занятия по теме главы:**

#### **Занятие 1 (5). Планирование, составление схемы и структуры опыта**

##### **Цели занятия:**

1. изучение основных требований, предъявляемых к составлению схемы опыта;
2. научиться составлению схем однофакторного и многофакторного эксперимента с использованием пестицидов в борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур.

##### **Задания:**

1. пользуясь рекомендуемой литературой и вводными пояснениями изучить материал по теме;
2. в предложенных задачах (однофакторного и многофакторного опытов) составить схему однофакторного опыта и матрицу планирования многофакторного опыта:

##### **Задача 1**

1. Составить схему полевого опыта по изучению эффективности желтой трихограммы в борьбе с грушевой плодожоркой. 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.

#### Задача 2

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 влияния известкования (3 градации – 0; 1,0 и 1,5 т/га) и различных доз фосфорно-калийных удобрений (0;  $P_{45}K_{30}$  и  $P_{90}K_{60}$ ).

#### Задача 3

1. Составить схему полевого опыта для изучения эффективности актары (3 градации – 0,3; 0,5 и 1,0 л/га) в борьбе с персиковой тлей.
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 посевы кукурузы в условиях недостаточного увлажнения.

#### Задача 4

1. Изучить эффективность байлетона (2 градации) в борьбе с мучнистой росой огурцов в защищенном грунте. Составить схему опыта.
2. Составить матрицу планирования опыта для изучения эффективности инсектицидов (3 градации) и способов обработки почвы (плужная и бесплужная) на численность хлебной жужелицы.

#### Задача 5

1. Составить схему полевого опыта для изучения эффективности регуляторов роста растений (3 градации) и различных доз полных минеральных удобрений (3 градации).
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 рост и развитие растений подсолнечника.

### **Вводные пояснения**

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.

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, не изучаемые 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 дозами удобрений единственным различием по вариантам являются дозы удобрений, 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 росте и развитии пшеницы. Кроме того, можно установить влияние органических и минеральных удобрений 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.

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 листовой ржавчины.

В опыте каждый из двух изучаемых факторов (А – фунгицид и В – минеральные удобрения) испытывается в двух градациях: фунгицид – 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 2×2 = 4. Схема его будет следующая:

1. Без удобрений и без фунгицида (контроль).
2. Фунгицид (4 кг/га).
3. Минеральные удобрения (N<sub>30</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>).
4. Фунгицид (4 кг/га) + минеральные удобрения (N<sub>30</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>).

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 × 2 × 2 = 8:

1. Без удобрений.
2. Фунгицид (4 кг/га).
3. Минеральные удобрения (N<sub>30</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>).
4. Органические удобрения (10 т/га).
5. Фунгицид (4 кг/га) + органические удобрения (10 т/га).
6. Фунгицид (4 кг/га) + минеральные удобрения (N<sub>30</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>).
7. Минеральные удобрения (N<sub>30</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>) + органические 10 т/га).
8. Фунгицид (4 кг/га) + органические (10 т/га) + минеральные (N<sub>30</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>) удобрения.

Эта схема полного факториального эксперимента определяет все возможные сочетания фунгицида и удобрений. Она позволяет определить влияние фунгицида, органических и минеральных удобрений в отдельности, а также их парное и тройное взаимодействие.

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. 2, 3).

Таблица 2 – План полного факториального эксперимента по схеме 2 × 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>

Таблица 3 – План полного факториального эксперимента по схеме 2 × 2 × 2 в кодированных переменных

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>

Составление матриц планирования значительно облегчает работу исследователя при непосредственной закладке полевого опыта.

### **Контрольные вопросы**

1. Основные требования, предъявляемые к составлению схемы опыта.
2. Сущность принципа факториальности.
3. Что такое фон опыта?
4. Что такое матрица планирования?

## **Глава 4. Техника закладки и проведения опыта**

### **4.1. Разбивка опытного участка**

После изучения и подготовки земельного участка необходимо нанести намеченное расположение опыта на схематический план, где указать точные размеры всего опыта, повторений, делянок, номера делянок и номера вариантов по делянкам и т.п. По схематическому плану затем размещают опыт в натуре, т.е. выделяют и фиксируют границы опыта, отдельных повторений и делянок. При этом очень важно, чтобы площадь повторений и делянок точно соответствовала принятым размерам, все делянки во всех повторениях обязательно должны быть одинаковой длины и ширины и иметь строго прямоугольную форму.

Перед выходом в поле необходимо заранее подготовить теодолит или эккер для построения прямых углов, стальную мерную ленту или 20-метровую рулетку, крепкий длинный шнур, 5-10 вешек длиной 1,5-2 м, 4 угловых столбика (репера) для фиксирования границ опыта и небольшие рабочие колышки диаметром 3-4 см и длиной 25-30 см для фиксирования границ делянок. Рабочих колышков требуется примерно на 10-12 штук больше удвоенного числа всех делянок.

Разбивку участка начинают с выделения общего контура опыта и контуров отдельных повторений. Опыт должен располагаться так, чтобы его или каждое повторение (при разбросанном размещении их) со всех сторон окаймляли защитные полосы шириной не менее 5 м. Общий контур и контур

повторений выделяют с возможно большей точностью; допустимая невязка для общего контура не должна превышать 5-10 см на 100 м длины.

Чтобы выделить контур опыта, поступают так. По одной из длинных сторон участка прокладывают, отмечая вешками или по шнуру, прямую линию, например,  $A_1D_1$ . Отступают от границы поля 5-10 м и забивают кольшек А. Затем по линии  $A_1D_1$  отмеряют требуемое по плану расстояние и ставят кольшек D. В точках А и D восстанавливают перпендикуляры к линии AD. От точек А и D по перпендикуляру откладывают необходимое расстояние и фиксируют границы опыта кольшками В и С. Если прямые углы были построены верно, то  $AD = BC$  и  $AB = CD$ , если же получилась невязка, превышающая допустимые пределы, то работу повторяют.

После выделения общего контура опыта его разбивают на повторения и делянки по шнуру и мерной ленте или рулетке. Технически эта работа не представляет сложности, но должна быть выполнена очень аккуратно. Кольшки на границах делянок нужно вбивать точно возле отметок, все время с одной стороны мерной ленты; по границам повторений ставят по два кольшка или выделяют их особо. На кольшках указывают номера делянок, повторений и делают другие обозначения. Надписи располагают на той стороне кольшка, которая обращена внутрь соответствующей делянки, чтобы было ясно, к какой из них они относятся.

При планировании и закладке опыта в натуре должны быть обязательно предусмотрены защитные полосы шириной не менее 5 м, окаймляющие весь опытный участок, а также между повторениями и по краям каждой делянки, чтобы устранить влияние соседних вариантов. В опытах с удобрениями, обработкой почвы и многолетних опытах минимальной шириной защиток следует считать 1-1,5 м около каждой делянки или 2-3 м между соседними делянками, а для краткосрочных опытов по изучению способов, норм посева и т.п. ширина защиток допускается в пределах 0,5-0,75 м для каждой делянки.

Границы защиток вокруг делянок закрепляют чаще всего после появления всходов. В опытах по сортоиспытанию защитки вдоль делянок вообще не выделяют, так как допускают, что практически влияние сортов одной и той же культуры друг на друга незначительно и вряд ли может быть уловлено полевым опытом. В принципе это, конечно, неправильно, так как сильно развивающиеся сорта, безусловно, могут оказывать угнетающее влияние на краевые растения смежных, более слабых сортов.

По окончании разбивки опыта необходимо надежно зафиксировать его основные границы, от которых в любое время можно было бы установить границы повторений и делянок. Для каждого опыта нужно обязательно закреплять по крайней мере четыре основные точки – А, В, С, D для двух линий, например, АВ и ВС, которые продолжают по прямой до точек  $A_1, B_1, C_1, D_1$ , находящихся за пределами обрабатываемого участка и в этих точках устанавливают постоянные столбики (реперы, фиксированные колья). Расстояние от реперов до границы опыта тщательно измеряют и записывают,

чтобы при утере угловых кольев, что часто происходит при обработках, их можно было быстро восстановить.

Если границы делянок близко примыкают к полевым дорогам, целесообразно и в краткосрочных опытах закрепить границы делянок. Осуществляют это так называемой подземной разметкой, которая не мешает проезду машин и орудий. В местах пересечения средней линии дороги с границей каждой делянки почвенным буром делают отверстия и в них опускают на 8-10 см ниже поверхности почвы небольшие металлические, каменные или деревянные столбики длиной 30-40 см. Чтобы эти постоянные реперы можно было легко отыскать, в конусообразные углубления над ними и вокруг насыпают куски битого кирпича, камня, песок или известь.

#### **4.2. Полевые работы на опытном участке**

Важнейшее правило исследователя – одновременность выполнения агротехнических работ, не подлежащих изучению на всех или в крайних случаях на нескольких целых повторениях полевого опыта. Это требование необходимо строго выполнять на стационарном опытном поле и в производстве; в соответствии с ним должен быть организован труд на всем опытном участке, опытном поле или станции. Даже незначительный разрыв в сроках обработки, если за это время, например, прошел дождь, разрыв в сроках внесения удобрений или посева всего на 6-8 ч ведет иногда к существенным различиям в росте и развитии растений. К сожалению, именно это важнейшее требование методики, вытекающее из принципа единственного различия, часто упускают из виду при планировании опыта на крупных делянках с большим числом изучаемых вариантов. Неоднократное нарушение этого требования в течение вегетации часто ведет к полной утрате достоверности опытов по существу. Таким образом, единовременность, равнокачественность и краткосрочность всех работ на опыте – первое и важнейшее требование к выполнению агротехнических работ.

Другое общее требование – высококачественность всех выполняемых работ. Агротехнический фон на опытном участке должен быть оптимальным для проявления эффекта изучаемого приема или сорта и, как правило, более высоким, чем в производственных условиях. Здесь могут быть использованы любые прогрессивные агротехнические приемы, не мешавшие выявлению действия того или иного фактора. Нельзя, например, при исследовании действия азотных удобрений в качестве общего фона вносить органические удобрения, богатые азотом, если их не изучают в опыте. При разработке агротехнического фона опыта главное внимание, безусловно, необходимо обращать на создание оптимальных условий для сравнения изучаемых приемов или сортов и на максимальное использование механизации.

Внесение удобрений. Органические и минеральные удобрения вносят или для изучения их действия, или в качестве общего агротехнического фона. Во всех случаях этому приему не обходимо уделить особое внимание в связи



с тем, что допущенная ошибка не может быть исправлена, а большей частью и обнаружена. Основное требование к любому способу применения удобрений в опыте – равномерное их распределение по площади делянок.

Органические удобрения (навоз, торф, компосты) обычно вносят по общей массе на единицу площади (в тоннах на гектар) и обязательно поделяночно, даже тогда, когда их применяют в качестве общего фона. Эти удобрения должны быть по возможности однородными по своему составу, происхождению, степени разложения и влажности. Перед распределением по делянкам удобрения необходимо хорошо перемешать.

Для больших делянок допускается взвешивание навоза на взовых весах и вывозка непосредственно на делянки, которые должны быть резко отграничены друг от друга вешками, шнурами или бороздкой и разбиты на небольшие квадраты (карты), обычно размером 16(4×4), 25(5×5) или 36(6×6) м<sup>2</sup>. Отвешенную для каждой делянки дозу удобрений раскладывают равными частями на углах квадратов, отмеченных прикопками или колышками, а затем вилами и граблями равномерно распределяют по поверхности всей делянки и запахивают. Недопустимо оставлять навоз и другие органические удобрения на опытных делянках в кучах более чем на один день. В опытах с делянками небольшого размера (до 200 м<sup>2</sup>) удобрения складывают сначала в одну или несколько куч на дорожки, окружающие опыт. После тщательного перемешивания удобрения отвешивают на десятичных весах в специально приспособленные корзины или носилки и разносят по делянкам.

Механизированное внесение органических удобрений на делянках пока затруднено тем, что у существующих навозоразбрасывателей трудно регулировать норму; они рассчитаны для работы на делянках размером около 1000 м<sup>2</sup>. Поэтому механизированное внесение органических удобрений возможно только в опытах с крупными делянками, а также в том случае, если удобрения вносят как общий фон для всего опыта.

Техника посева минеральных удобрений должна обеспечивать равномерное распределение их по делянкам. Перед развешиванием удобрения нужно тщательно измельчить и просеять, чтобы в них не попадались комки. Если удобрения в опыте не изучают, желательно вносить их на делянки туковой сеялкой. Это позволяет более равномерно распределить удобрения, так как для внесения определенного их количества нужно лишь точно установить сеялку на соответствующую норму посева. Механизированный посев удобрений возможен и на делянках вытянутой формы и размером более 500 м<sup>2</sup>. Если вносят несколько видов удобрений, они должны быть тщательно перемешаны с соблюдением всех правил смешивания удобрений.

Несмотря на все преимущества механизированного внесения минеральных удобрений, отсутствие удобных малогабаритных и достаточно регулируемых сеялок для удобрений часто заставляет прибегать к ручному их внесению не только на небольших делянках, но и на таких, площадь

которых вполне позволяет применять для этого обычные производственные сеялки.

При ручном рассеве навески удобрений заготавливают в лаборатории, сарае или непосредственно в поле. В зависимости от площади делянки удобрения развешивают в бумажные пакеты, матерчатые или полиэтиленовые мешочки, или специальные деревянные ящики. В поле пакеты, мешочки или ящики с удобрениями раскладывают на всех делянках опыта, где должны применяться удобрения, после чего проверяют правильность раскладки.

На каждой делянке удобрения рассевают в два приема или с таким расчетом, чтобы немного удобрений осталось. Остаток всегда можно разбросать равномерно по всей делянке, а при нехватке удобрений на какую-то ее часть делянка считается испорченной. К пылящим сухим удобрениям обязательно подмешивают почву с той же делянки. Минеральные удобрения желательно вносить в безветренную погоду.

Обработка почвы. Если обработка почвы не является изучаемым фактором, она должна быть однородной, одновременной и высококачественной на всех делянках опыта. Вспашку и другие приемы обработки почвы следует выполнять через все делянки повторности перпендикулярно к их длинным сторонам, чтобы возможные случайные факторы одинаково влияли на все варианты опыта. На опытных делянках недопустимы разъемные борозды и свальные бугры, орудия обработки должны разворачиваться за пределами делянок – на защитных полосах или полевых дорогах. Вспашка всвал или вразвал вдоль делянок допустима только в том случае, если свальные или развальные борозды можно сделать на защитных полосах между делянками или повторениями. При достаточной ширине защитных полос (не менее 2 м) и аккуратной, квалифицированной работе свал или развал не захватывает учетной площади делянки. Это требование часто вынуждает вести вспашку, особенно на небольших делянках, в одну сторону с холостым обратным ходом. Для такой работы очень удобен оборотный плуг, позволяющий махать с обеих сторон.

Посев и посадка. Для доброкачественного проведения посева или посадки на опытном участке необходимо серьезное внимание обратить на технику высева или посадки и качество посевного материала. Во всех опытах норму высева желательно устанавливать по числу всхожих семян, а не по массе.

Посев на опытном участке, как правило, должен быть проведен один день. Многие исследователи отмечали, например, что разрыв в сроках посева ранних яровых в 4-6 ч приводит иногда к разнице в урожае 1-2 ц на 1 га. Поэтому в опытах допускающих сплошной посев, обязательно проведение посева поперек всех делянок опыта или всех делянок целых повторений. При этом первый проход сеялки делают по шнуру или и предварительно сделанной по нему борозде. Необходимо высевающие аппараты сеялки включать за 1-1,5 м до начала делянки и выключать только после выхода на

границу поля, тщательно следить за работой сошников, количеством семян в ящике и равномерностью их размещения в нем. Совершенно недопустимо останавливать сеялку во время работы, так как после остановки, если не откатить ее назад на 0,5-1 м, получится огрех.

При посеве или посадке пропашных культур необходимо следить, чтобы на делянку приходилось целое число борозд (рядков), а число растений на всех делянках было строго одинаковым и соответствовало требуемой густоте.

Уход за растениями и опытным участком. Уход за растениями на опытном поле не отличается от ухода за соответствующими культурами в производственных условиях. Все работы следует выполнять своевременно, тщательно и однообразно. Прополку (химическую или ручную), междурядную обработку, подкормку и т.п. проводят совершенно одинаково на всех делянках опыта и не растягивают во времени. Особое внимание обращают на борьбу с сорняками, так как они особенно сильно нарушают сравнимость вариантов.



Рисунок 11– Обучающиеся направления подготовки «Агрономия» на прополке защитных полос полевых опытов

К специальным работам относятся: поделка и прочистка дорожек, обрезка по шнуру концов полей, делянок, а также отбивка защитных полос, своевременная расстановка колышков этикеток и т.д.

В соответствии с характером опыта и способом учета урожая на каждой делянке намечают учетную и защитные части, как это показано на схеме рис. 12. По концам делянок независимо от наличия защитной полосы вокруг всего опыта (в стационарных лабораторно-полевых опытах часто ее совсем не бывает) обязательно выделяют конце вые защитки длиной 2-5 м, а между соседними делянками – боковые защитки шириной 1-2 м. При механизированной уборке урожая удобнее отбивать такие боковые защитки, общая ширина которых между двумя соседними делянками соответствует захвату уборочной машины.



Рисунок 12– Схематический план делянки

На культурах сплошного сева все защитные полосы выделяют по всходам. Защитки отбивают ручными планетами или прорезают дорожки культиватором, навешенным на малогабаритный трактор. Ширина дорожек



обычно 20-30 см. Если посев проводят вдоль делянок, то их учетную часть можно ограничить от боковой защитной полосы, закрыв соответствующий сошник сеялки во время работы.

В опытах по сортоиспытанию (рис. 13) или при изучении таких агротехнических приемов, которые оказывают несущественное влияние на соседние делянки, боковые защиты иногда не выделяют и заменяют их незасеянными дорожками между делянками шириной 30-40 см. Выделять более широкие незасеянные дорожки нецелесообразно, так как они очень сильно зарастают сорняками и требуют специальной обработки почвы. Кроме того, урожай на учетной части делянки, примыкающей к широкой дорожке, очень резко отличается от урожая на остальной площади.



Рисунок 13– Обучающиеся проводят наблюдения в опытах по сортоиспытанию

На пропашных культурах концевые защиты выделяют во время обработки междурядий, а боковые – чаще всего перед уборкой. Урожай с боковых и концевых защиток убирают отдельно и раньше, чем на учетной части делянок. После всходов и поделки дорожек устанавливают этикетки. И вначале опытного участка помещают большую этикетку с наименованием опыта. Надписи на поделяночных этикетках должны в самой краткой и понятной форме указывать на основные отличия вариантов.

На всей территории опыта, так же, как и опытного поля или опытной станции в целом, поддерживают чистоту и порядок. Нигде не оставляют куч выполотой травы, остатков соломы, неубранной ботвы и т.п. Все это увозят с поля в компостные кучи.

### 4.3. Учет урожая

Уборка и учет урожая требуют большого внимания и аккуратности; небрежность и излишняя поспешность при выполнении этой важной работы неизбежно ведут к грубым ошибкам, совершенно обесценивающим опыт.

За несколько дней до уборки нужно осмотреть опытный участок, выделить каждую делянку колышками или вешками, а при необходимости сделать выключки. Под выключкой понимают часть учетной делянки, исключенную из учета вследствие случайных повреждений или ошибок, допущенных во время работы. Целые делянки выключают и выбраковывают лишь в исключительных случаях, когда есть зарегистрированные данные, свидетельствующие о повреждении растений, об ошибке в работе или другие причины, которые могут изменить урожай независимо от изучаемого приема.

Допускаются следующие основания для выключек или браковки целых делянок:

- а). повреждения, вызванные стихийными явлениями природы, неравномерно повредившие опытную культуру, при условии, что неравномерность повреждения не является следствием изучаемых в опыте причин;
- б). случайные повреждения в результате потравы скотом, птицей, грызунами и пр.;
- в). ошибки при закладке и проведении опыта.

Уменьшение учетной делянки из-за выключек допускается не более чем на 50%. При уменьшении больше указанного размера делянку выбраковывают полностью. Выключки и браковки целых делянок очень нежелательны, так как это вызывает неравноточность сравнений вариантов и искажает результаты опыта. Чтобы опыт с одной-двумя выпавшими из учета делянками привести к сравнимому виду, результаты их должны быть восстановлены статистическим методом.

Совершенно недопустима выключка или браковка целых делянок на основании чисто субъективного впечатления на глаз, особенно после того, как урожай убран и взвешен. Полученные данные могут вызвать подозрение, но стоит начать браковку их, как не будешь знать, где остановиться. При некотором навыке в этом деле можно получить математически очень точные, но совершенно не заслуживающие внимания результаты.

Итак, основаниями для выключек или браковки целых делянок до уборки должны быть совершенно ясные внешние объективные причины. Для выбраковки не может быть убедительным доводом тот факт, что, например, делянка варианта, от которого экспериментатор ждет хороших результатов, кажется ему необычно малоурожайной.

Урожай на учетных делянках убирают после удаления урожая с защитных полос и выключек.

Урожай убирают способом и в сроки, которые устанавливают на месте, руководствуясь общим требованием к полевым работам на опытах – одновременность и однокачественность их. Необходимо тщательно следить за тем, чтобы техника и методика уборки не внесли «незаконных» различий в сравниваемые объекты. Все опытные делянки желательно убирать в один день, одним и тем же способом.

Если это технически не удастся сделать, то в один день убирают обязательно целое число повторений. В том случае, если изучаемые приемы оказывают влияние на сроки созревания (например, при испытании сортов, сроков посева, удобрений и т.п.), то уборку проводят по мере созревания культур, но обязательно одним и тем же способом на всех делянках. Различные способы уборки в одном опыте, естественно, могут быть допустимы лишь при изучении самих способов уборки.

В исследовательской работе необходимо использовать только сплошной метод учета урожая. Весь урожай с учетной части каждой делянки при сплошном учете убирают и взвешивают на весах, удовлетворяющих требованиям Госстандарта.

Применяемый иногда метод учета урожая пробными площадками или отдельными растениями ненадежен, нередко не свободен от субъективизма, и его нельзя применять в полевых опытах. Сущность метода и основной недостаток учета по пробным площадкам заключается в том, что урожай взвешивают не со всей делянки, а лишь с нескольких малых пробных площадок (метровок, рядков). Эта выборка (проба), как бы тщательно её не отбирали, всегда характеризует урожай с делянки приблизительно.

При всех методах учета урожая, его обязательно пересчитывают на стандартную влажность и чистоту. Для этого необходимо использовать таблицы коэффициентов перевода продукции сельскохозяйственных культур в стандартные единицы (приложение 1).

Рассмотрим кратко некоторые особенности учета урожая отдельных культур.

Зерновые и зернобобовые культуры. Наиболее распространена уборка урожая зерновых культур приспособленным для этой цели обычным или специальным малогабаритным самоходным комбайном. Особенно удобен этот способ уборки на удлиненных делянках. Комбайн за один проход убирает среднюю учетную часть делянки, оставляя защитные полосы. Убирают защитные полосы и делают прокосы между повторениями тем же комбайном.

При использовании комбайна очень важно установить и строго выдержать в течение всей уборки оптимальный режим его работы на данной культуре и продолжительность работы вхолостую между уборкой двух делянок; она должна быть не менее 3-4 мин. Этого времени обычно бывает

достаточно для полного обмолота колосьев, затаривания зерна из бункера комбайна в мешки и этикетирования.

В том случае, когда расположение опыта и форма делянок затрудняют работу самоходного комбайна непосредственно на уборке, можно использовать его на обмолоте урожая, убранного простыми машинами или вручную. После обмолота урожая с одной делянки комбайн переезжает на другую и т.д.

Бункерный урожай с каждой делянки взвешивают в поле или после перевозки в затаренных и заэтикетированных мешках в хозяйстве. Урожай обязательно пересчитывают на 14%-ную влажность и 100%-ную чистоту. Для определения влажности и засоренности с каждой делянки сразу же после взвешивания в полиэтиленовые мешочки отбирают среднюю пробу зерна около 1 кг. Влажность и засоренность определяют одним из методов, предусмотренных стандартом на зерно, и выражают в процентах к сырой навеске. Урожай зерна, полученный при взвешивании, приводят к 14%-ной влажности и 100%-ной чистоте по формуле:

$$X = \frac{Y(100 - B) \times (100 - C)}{(100 - B_1) \times 100}, \quad (12)$$

где,  $X$  – урожай при 14%-ной влажности (ц с 1 га);  $Y$  – урожай без поправки на влажность (ц с 1 га);  $B$  – влажность зерна при взвешивании (%);  $B_1$  – стандартная влажность (%);  $C$  – засоренность зерна (%).

Если размер делянок или величина урожая не позволяет использовать на уборке комбайн, применяют простые машины или скашивают растения вручную (серпами или косой с грабелями). После скашивания хлеб немедленно связывают, снопы пересчитывают и число их записывают в полевую книжку по каждой делянке отдельно. К снопам каждой делянки шпагатом прикрепляют деревянные этикетки, на которых простым карандашом указывают опыт, сорт или вариант, номер делянки, номер повторения и число снопов. После просушки снопы немедленно свозят в молотильный сарай для поделяночного обмолота на небольшой молотилке простой конструкции, очистки и взвешивания урожая.

Общий урожай с каждой делянки определяют взвешиванием снопов перед обмолотом. При этом их пересчитывают и сверяют с записями на этикетках и в полевой книжке. Зерно взвешивают после очистки, урожай соломы определяют по разности между общей массой урожая перед обмолотом и массой зерна.

При учете урожая кукурузы на зерно с учетной площади делянки убирают все початки, делят их на три фракции (с зерном полной, восковой спелости и незрелые) и взвешивают отдельно каждую фракцию. Затем с каждой делянки отбирают по 50 початков с зерном полной и восковой спелости (пропорционально их долям в урожае), взвешивают их, обмолачивают и определяют выход зерна. По пробе массой около 300 г определяют влажность зерна согласно государственному стандарту. Урожай чистого зерна при 14%-ной влажности рассчитывают на основе общей массы



початков на делянке с зерном полной и восковой спелости и выхода зерна от урожая початков по формуле:

$$X = Y \times П \times (100 - B) : 8600, \quad (13)$$

где,  $X$  – урожай зерна при 14%-ной влажности (ц с 1 га);  $Y$  – урожай початков в полной и восковой спелости при уборке (ц с 1 га);  $П$  – выход зерна от урожая початков (%);  $B$  – фактическая влажность зерна (%); 8600 – коэффициент пересчета урожая початков к урожаю зерна при 14%-ной влажности.

Пропашные культуры. Учитывают урожай сплошным методом, взвешивая его с каждой учетной делянки в поле сразу после уборки. При значительной загрязненности клубней и корней необходимо брать пробы по 10-15 кг для установления количества приставшей почвы. Отобранные клубни (корни) взвешивают до и после удаления почвы. Эти пробы можно использовать затем для определения качества продукции. Например, для картофеля очень важно знать товарность урожая, т.е. процент мелких, средних и крупных клубней, содержание в них крахмала, пораженность болезнями, вкусовые качества; для корнеплодов – среднюю массу корня, содержание сухих веществ и сахара, процент больных и здоровых корней и т.п.

Урожай подсолнечника убирают комбайном или вручную. После обмолота корзинок семянки взвешивают и отбирают с каждой делянки в полиэтиленовые мешочки средние образцы семянок массой около 300 г для определения влажности и засоренности. Урожай семянок приводят к 12%-ной влажности и 100% -ной чистоте по той же формуле 12.

Хлопчатник. Хлопок-сырец собирают и взвешивают по всей учетной площади делянок. Нераскрывшиеся коробочки (курак) собирают после того как полностью убран хлопок-сырец, из раскрывшихся коробочек.

Если в период уборки хлопок-сырец имеет повышенную влажность, то с каждой делянки берут пробы около 1 кг для определения влажности и засоренности. Урожай приводят к 8%-ной влажности и 100%-ной чистоте по формуле 13.

Лен и конопля. Учет урожая соломы и семян этих культур в принципе сходен с учетом зерновых. Различие заключается в том, что урожай волокна определяют по его выходу из пробного снопа.

Теребление льна и покосы у конопли, а также срезание стеблей зеленца и матерки конопли проводят на всей учетной площади каждой делянки опыта. Затем стебли связывают в снопы, этикетировывают и ставят в бабки (суслоны) для просушивания.

Подсушенные до воздушно-сухого состояния снопы обмолачивают (очесывают). Взвешивают солому после очеса, а семена – после чистки от сорных примесей. После взвешивания с каждой делянки отбирают средние пробы соломы и семян для определения влажности и засоренности. Соломы льна берут 200-300 г, семян льна 150-200 г, соломы конопли 800-1000 г,

семян конопли 150-200 г. Урожай соломы льна и конопли приводят к 19%-ной влажности по формуле:

$$X = Y(100 - B) : 81, \quad (14)$$

где,  $X$  – урожай соломы при 19%-ной влажности (ц с 1 га);  $Y$  – урожай соломы без поправки на влажность (ц с 1 га);  $B$  – влажность соломы при взвешивании (%); 81 – коэффициент пересчета на 19%-ную влажность.

Урожай семян льна приводят к 12%-ной, а конопли к 13%-ной влажности и 100%-ной чистоте по формуле 12.

Кроме урожая семян и соломы, для полевых опытов со льном и коноплей важен учет урожая волокна и оценка его качества. Чтобы установить процентное содержание волокна в соломе, урожай волокна и оценить его качество после обмолота и взвешивания урожая, с каждой делянки отбирают два образца соломы массой 4-6 кг каждый и проводят их технологический анализ.

Рассчитывают урожай волокна по формуле:

$$X = Y(B/A), \quad (15)$$

где,  $X$  – урожай волокна (ц с 1 га);  $Y$  – урожай соломы (ц с 1 га);  $A$  – масса образца соломы, взятого на технологический анализ (кг);  $B$  – масса волокна, полученного от образца соломы (кг).

Однолетние и многолетние травы. Урожай клевера, люцерны, вики, травосмесей, луговых трав и т.п. учитывают сплошным методом. После скашивания трав зеленую массу с учетной площади делянки или сразу взвешивают, или, если позволяет погода, высушивают на делянках, а затем взвешивают сено.

Чаще всего зеленую массу сразу взвешивают. Для определения урожая сена с каждой делянки отбирают пробный снопок массой не менее 2 кг. Пробные снопки используют для определения влажности зеленой массы, определения ботанического состава травостоя и показателей качества урожая.

Урожай сена приводят к стандартной 16%-ной влажности:

$$X = Y(100 - B) : 84, \quad (16)$$

где,  $X$  – урожай сена при 16%-ной влажности (ц с 1 га);  $Y$  – урожай зеленой массы трав (ц с 1 га);  $B$  – влажность зеленой массы при взвешивании (%); 84 – коэффициент пересчета на 16%-ную влажность.

При учете урожая кукурузы на силос растения на учетной площади делянки скашивают и немедленно взвешивают. Для определения в общем урожае зеленой массы доли листьев, стеблей и початков в молочной и восковой спелости с каждой делянки берут средние пробы по 10-20 растений, разделяют их на основные части, отдельно взвешивают и определяют процентное соотношение в урожае.

Методы поправок на изреженность посева. В опытах с редко стоящими растениями большое значение имеет учет влияния пустых мест (выпадов) на развитие соседних растений. Исследованиями установлено, что в посевах картофеля и сахарной свёклы выпад единичных растений, если он произошел

задолго до уборки урожая, увеличивает продуктивность граничащих с пустыми промежутками растений на 20-50%, поэтому необходимо использовать специальные методы, позволяющие элиминировать влияние изреживания на результаты опыта, например, метод ковариационного анализа.

Применение поправок на изреживание допустимо, если выпадение растений не связано с изучаемым фактором и если оно не превышает 20%. Когда изреживание выше указанной величины, то выбраковывается вся делянка, а если выпало не более 4% общего числа учетных растений на делянке или если изреживание связано с изучаемым фактором, то поправок на изреженность не делают.

Чтобы исключить влияние пустых мест на результаты опыта и получить сравнимые данные, предложено несколько методов. Наиболее надежный из них заключается в том, что перед уборкой урожая подсчитывают число пустых мест и удаляют растения, граничащие с пустыми промежутками. Краевые растения возле пустых мест не удаляют только в том случае, если выпадения произошли непосредственно перед уборкой урожая и, следовательно, не могли оказать заметного влияния на соседние растения. Фактическую учетную площадь делянки рассчитывают по формуле:

$$S = (P - H) П, \quad (17)$$

где,  $P$  – расчетное число растений на делянке;  $H$  – число недостающих растений;  $П$  – площадь питания одного растения ( $\text{м}^2$ ).

При равномерном выпадении единичных растений допускается, что около половины площади пустых мест используется соседними растениями и компенсируется более высоким их урожаем. Поэтому в расчет принимается половина выпавших растений. Приведенный к сравнимому виду урожай, т.е. урожай, рассчитанный на определенную, например, среднюю для опыта, густоту стояния растений, определяют по формуле:

$$Y = \frac{AP}{P - \frac{1}{2}H}, \quad (18)$$

где,  $A$  – фактический урожай с делянки;  $P$  – расчетное число растений на делянке;  $H$  – число недостающих растений.

При другом способе фактический урожай приводят к расчетному числу растений по формуле:

$$Y = \frac{A + P \cdot x}{2}, \quad (19)$$

где,  $A$  – фактический урожай с делянки;  $P$  – расчетное число растений на делянке;  $x$  – средняя фактическая масса одного растения.

Совершенно очевидно, что наиболее надежные результаты получаются в опытах с нормальным урожаем, а не исправленным тем или иным способом. Поэтому необходимо стремиться свести к минимуму те выпадения растений, которые не обусловлены изучаемым фактором.

#### 4.4. Первичная обработка данных

Обработка данных агрономических исследований, например, результатов полевых и вегетационных опытов, наблюдений, учетов и анализов, включает:

1. агрономический анализ полученных данных;
2. первичную цифровую обработку материалов;
3. статистическую оценку результатов исследования.

Прежде чем приступить к первичной цифровой и статистической обработке материалов, необходимо оценить их с агрономической точки зрения. Агрономический анализ заключается в сопоставлении фактической методики проведения опыта с методикой, требуемой условиями и характером исследования и включает критический обзор данных об урожаях, сопоставление их с результатами полевых наблюдений, анализ методики проведения опыта, а также освобождение первичных данных от описок и других неточностей. Опыты с нарушениями методики и техники, грубыми ошибками, искажающими агрономическую сущность изучаемых приемов, не представляют ценности, а полученные данные нельзя использовать в качестве каких-либо аргументов и тем более бессмысленно обрабатывать их статистически. Такие опыты бракуют.

После агрономической оценки, тщательного анализа методики и техники проведения полевого опыта, проверки записей по первоисточникам (полевой книжке и журналу), устранения описок и неточностей приступают к первичной цифровой обработке экспериментального материала.

Первичная цифровая обработка материалов полевого опыта включает: 1). пересчет урожаев с делянки на урожай с 1 га; 2). приведение урожая к стандартной влажности; 3). составление таблицы урожая – определение сумм урожаев по вариантам, повторениям и общей суммы урожаев, расчет средних урожаев по вариантам и опыту.

При составлении таблицы урожаев, которую и используют затем для статистического анализа, необходимо придерживаться следующего принципа; основная масса чисел должна быть трехзначной. Если урожаи не превосходят 100 ц с 1 га, поделочные и средние урожаи записывают в таблицу с точностью до 0,1; а если урожаи выражаются сотнями центнеров – с точностью до 1 ц с 1 га. В первом случае сотые, во втором десятые доли центнеров округляют по обычному правилу.

Если из учета выпала одна или несколько делянок и, следовательно, нарушено сравнение вариантов, вычисляют наиболее вероятный урожай этих делянок, как бы восстанавливают выпавшие данные.

Часто в задачу полевого опыта входит сравнительная оценка продуктивности различных растений и возникает необходимость в статистической оценке существенности различий между культурами по продуктивности. Однако изучаемые растения не только могут резко различаться по урожаям, но и быть совершенно несравнимыми по товарной продукции, например, льноволокно, зерно, корнеклубнеплоды и т.д. В

подобных случаях все поделяночные урожаи изучаемых культур необходимо привести к сравнимому виду. Это можно сделать пересчетом товарной продукции урожая в стоимостное выражение, в кормовые, зерновые или другие сопоставимые единицы. Поделяночные урожаи, приведенные одним из указанных способов к сравнимому виду, заносят в таблицу урожаев и обрабатывают статистически как данные обычного полевого опыта.

Если сравнивают группу культур, например, севообороты, их звенья, то статистически оценивают существенность различий между суммами или средними урожаями изучаемых групп, приведенных к сравнимому виду.

Всегда необходимо иметь четкое представление об абсолютной ошибке применяемых методов исследования. Соответственно ошибке исходных наблюдений, которая определяется вариабельностью признаков и измерительной аппаратурой, должна быть и точность вычисления результатов эксперимента. Результаты вычислений не могут быть точнее, чем используемые данные. Поэтому излишняя точность последующих вычислений ничего не дает, кроме затраты времени, и является обычно признаком недостаточно четкого представления о точности исходных данных.

В каждом числе нужно сохранить столько значащих цифр, чтобы сомнительным был только один последний знак. Поэтому, если варьируют десятки – принимают точность 1, единицы – 0,1, десятые доли – 0,01 и т. д.

Во всех промежуточных расчетах число значащих цифр должно быть, как правило, на порядок выше, чем их число в окончательном ответе. В этом случае есть уверенность, что самими вычислениями не вносятся заметных ошибок.

Все статистические характеристики, вычисленные с точностью, превышающей на один порядок первоначальные даты, округляют до точности исходных измерений. При округлении чисел необходимо придерживаться следующих правил:

1) если отбрасываемая при округлении цифра меньше 5, то последняя сохраняемая цифра не изменяется (например, 15,746→15,7), если отбрасываемая цифра больше 5, то последняя значащая цифра увеличивается на единицу (например, 17,764→17,8);

2) если перед округлением за значащей цифрой стоит 5, то последнюю значащую цифру увеличивают на единицу, если она нечетная (например, 17,752→17,8), и оставляют без изменения, если она четная или равна нулю (например, 17,252→17,2 и 17,052→17,0).

Результаты полевых опытов обязательно должны быть обработаны статистически. Надлежащая математическая обработка экспериментальных данных позволяет сделать надежные выводы об объективных свойствах, закономерностях интересующего нас явления. При этом значительная роль принадлежит правильной организации статистических вычислений, которые не должны вносить в исходные показатели дополнительных ошибок. Необходимо тщательно продумать порядок и технику вычислений и разумно

использовать счетные вспомогательные средства: числовые таблицы, логарифмическую линейку, номограммы, вычислительные машины. Не следует обольщаться возможностями современных быстродействующих вычислительных устройств и всегда помнить, что нельзя получить из «математической мельницы» больше, чем в нее вложили. Абсолютная точность последующих вычислений будет бессмысленной и ничего не даст, если исходные данные ненадежны. Главная обязанность экспериментатора – получение достоверной исходной информации об изучаемом явлении, без которой невозможна правильная статистическая интерпретация данных. Статистические методы – это средство объяснения результатов исследований и активный инструмент планирования оптимальной схемы и структуры эксперимента.

### **Практические занятия по теме главы:**

#### **Занятие 1 (6). Определение необходимого количества наблюдений и учетов в полевом опыте по защите растений от вредных организмов**

##### **Цели занятия:**

1. ознакомиться с понятиями: генеральная совокупность, выборочная совокупность, объем выборки;
2. приобрести навыки по анализу структуры и объема выборки при количественной и качественной изменчивости изучаемых признаков.

##### **Задания:**

1. пользуясь рекомендуемой литературой и вводными пояснениями изучить материал по теме;
2. в предложенных задачах определить необходимое количество наблюдений согласно исходным условиям.

Задача 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.

Задача 2. При обследовании поля на выявление почвенных вредителей на 1 м<sup>2</sup> 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%.

Задача 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.

Задача 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.

Задача 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.

### **Вводные пояснения**

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.

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:

$$s_{\bar{x}} = \frac{ts}{\sqrt{n}} \text{ (количественная изменчивость)}, \quad (20)$$

$$s_p = \frac{t\sqrt{pq}}{\sqrt{n}} \text{ (качественная изменчивость)}, \quad (21)$$

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:

$$n = \frac{t^2 s^2}{s_{\bar{x}}^2} \text{ (количественная изменчивость)}, \quad (22)$$

$$n = \frac{t^2 pq}{s_p^2} \text{ (качественная изменчивость)}, \quad (23)$$

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 урожаев ( $R$ ).

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

Приближенное значение  $s$  можно вычислить по формуле  $s = KR$ , используя коэффициенты Пирсона (приложение 2), 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 2) находим, что для 10 наблюдений  $K = 0,325$ , откуда среднее квадратическое отклонение равно 2,76 ( $0,325 \times 8,5$ ). 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 высеяно 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  $p \pm ts_p$ . Величина  $t$  (критерий Стьюдента, характеризующий зависимость между средней выборочной и средней генеральной совокупностями), для 95%-ного уровня вероятности равна 2. Таким образом, величина  $s_{\bar{x}} = ts_p$

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 среднеквадратическое отклонение  $s = 1,2$ . Используя формулу (3), 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:

$$n = \frac{t^2 s^2 N}{s_{\bar{x}}^2 (N-1) + t^2 s^2}, \quad (24)$$

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 2). Вычисляем  $s = 2,8 \times 0,430 = 1,20$ . Подставляя вычисленные значения в формулу (для уровня вероятности 95%), находим искомую величину:  $n = 13$ . Таким образом, объем выборки равен 13.

### Контрольные вопросы

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. Охарактеризуйте наблюдение как прием исследований.
12. Назовите преимущества эксперимента над наблюдением.
13. Какая связь существует между анализом и синтезом как приемами исследования?

## **Занятие 2 (7). Особенности планирования полевых опытов при селекции сортов сельскохозяйственных культур на устойчивость к вредителям и болезням**

### **Цели занятия:**

1. ознакомление со специфическими особенностями проведения опытов по селекции сельскохозяйственных культур на устойчивость к вредным организмам;
2. уяснение значения и необходимости предварительно запланированной ошибки опыта для сравнения вариантов (сортов);
3. освоение требований к ошибке и достоверности опыта на разных этапах селекционного процесса.

### **Задания:**

1. пользуясь рекомендуемой литературой и вводными пояснениями изучить материал по теме;
2. решить задачи по планированию полевого опыта с использованием номограммы:

Задача 1. Определить необходимое число повторений делянок разного размера (10, 25, 50 и 100 м<sup>2</sup>). Опыт провести с ошибкой до 3%. Коэффициент вариации урожайности ( $V$ ), по данным учета, на делянках площадью 50 м<sup>2</sup> равен 6%.

Задача 2. Ошибка опыта (конкурсное сортоиспытание) на делянке площадью 100 м<sup>2</sup> при четырехкратной повторности равна 2,5%. Определить с помощью номограммы коэффициент вариации.

Задача 3. Для оценки различных сортов озимой пшеницы на устойчивость к мучнистой росе планируется провести опыт на делянках разного размера (20, 50 и 100 м<sup>2</sup>). Определить необходимое число повторений, чтобы ошибка опыта не превышала 5%. Предварительными исследованиями установлено, что коэффициент вариации урожайности ( $K$ ) на данном участке, определенный для делянок 100 м, равен 7%.

Задача 4. При проведении опыта по выявлению вредоносности озимой совки на делянках площадью 100 м<sup>2</sup> в четырехкратной повторности ошибка равна 4%. Определить коэффициент вариации урожайности в пределах данного опытного участка.

Задача 5. Ошибка опыта по изучению устойчивости сортов пшеницы к клопу-черепашке равна 3,4%. Определить коэффициент вариации с использованием номограммы. Делянки площадью 100 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная.

### **Вводные пояснения**

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.

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  $\sqrt[3]{n_1}$  до  $\sqrt[5]{n_1}$  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 питомник, 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. 14).

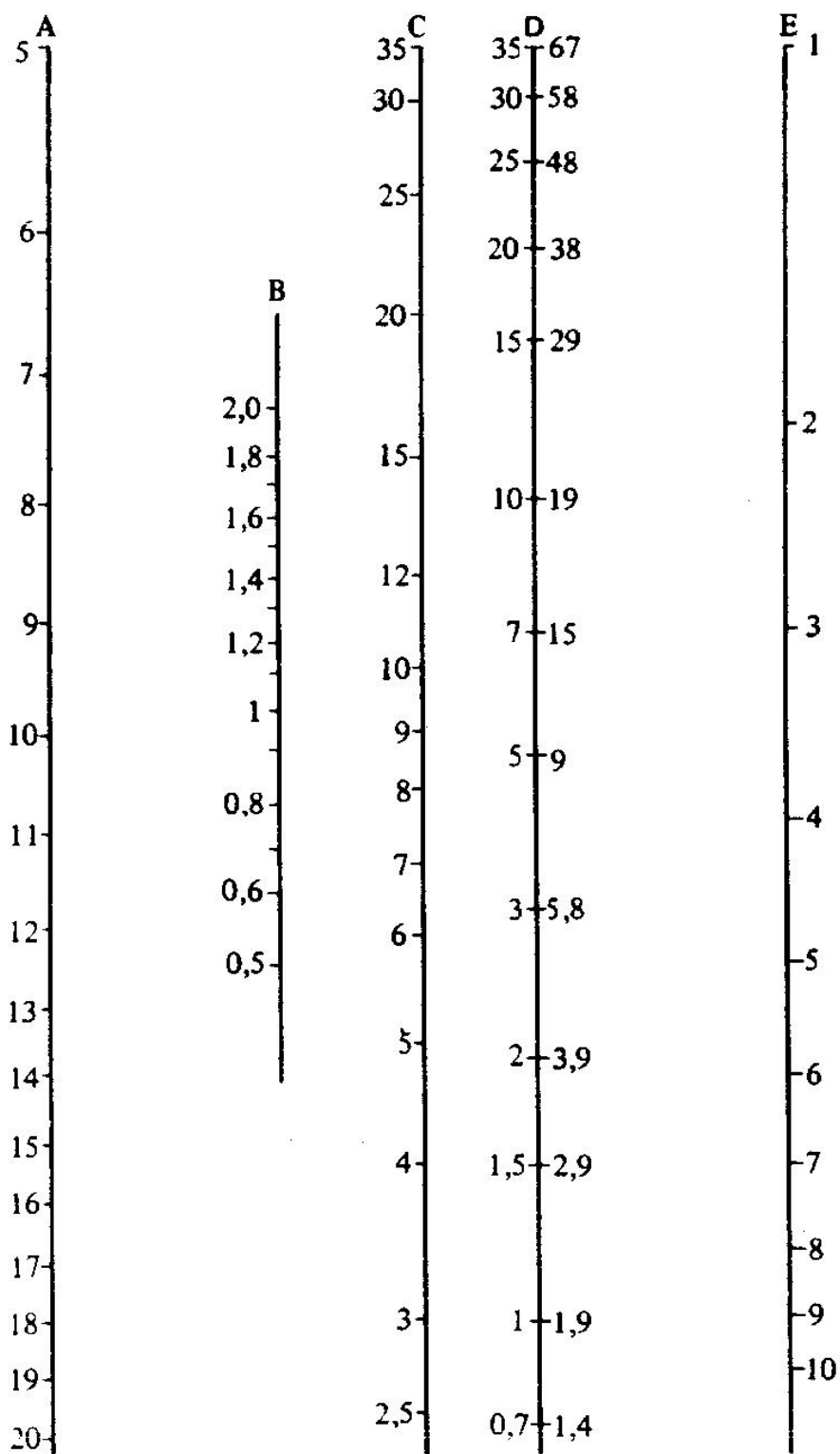


Рисунок 14— Номограмма для планирования подбора структуры опыта

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 участков 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 повторений ( $n$ ), 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  $\sqrt[4]{n_1}$ , выражающей среднюю зависимость коэффициента вариации данных урожайности от площади делянки. При изменении площади делянки в  $n$  раз коэффициент вариации изменяется в  $\sqrt[4]{n_1}$  раз. Величины  $\sqrt[4]{n_1}$  находят по специальной таблице (см. приложение 3);

- 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 опыте. При необходимости сравнения со стандартом значения НСР на шкале  $D$  необходимо умножить на коэффициент 1,47;

- шкала  $E$  – число повторений.

#### Примеры пользования номограммой.

Пример 1. Определить необходимое число повторений опыта с делянками разного размера (10, 25, 50 и 100 м<sup>2</sup>). Коэффициент вариации урожайности ( $V$ ), по данным учета, на делянках площадью 50 м<sup>2</sup> равен 8. Ошибка опыта не должна превышать 4%.

Схема пользования номограммой представлена на рис. 15. Прежде чем приступить к решению задачи, с помощью номограммы находят значение величин шкал для планируемых делянок. Для этого по таблице (см. приложение 3) определяют величины  $\sqrt[4]{n_1}$ , которые равны: для делянок 10 м<sup>2</sup> (уменьшение в 5 раз) – 1,49; 25 м<sup>2</sup> (уменьшение в 2 раза) – 1,19; 50 м<sup>2</sup> (без изменения) – 1,00; 100 м<sup>2</sup> (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 м<sup>2</sup>). 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 м<sup>2</sup> для проведения опыта с ошибкой, равной 4%, следует взять 6 повторений.

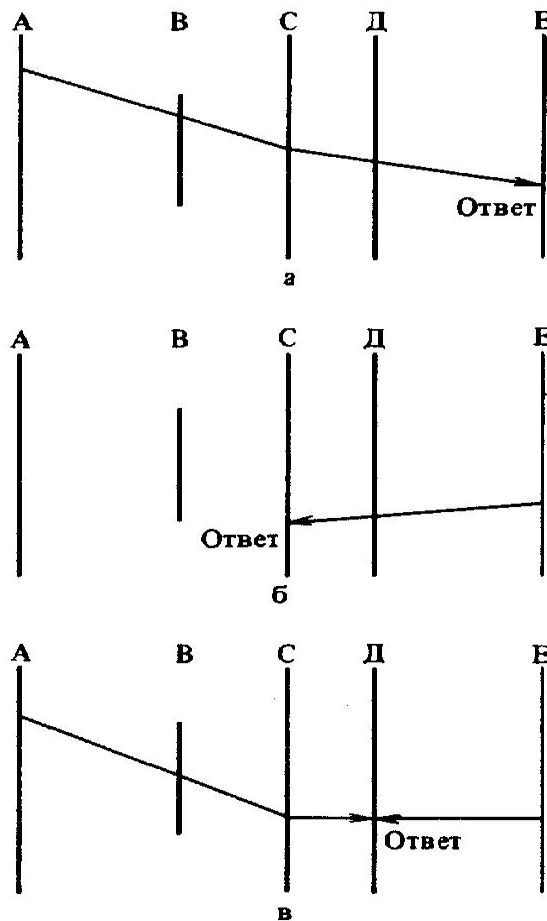


Рисунок 15– Примеры пользования номограммой

Таким образом рассчитывают необходимое число повторений и для делянок других размеров. В итоге получится 4 комбинации площадей делянок и числа повторений:  $10 \text{ м}^2$  при 6 повторениях,  $25$  при 5,  $50$  при 4,  $100 \text{ м}^2$  при 3 повторениях.

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.

Пример 2. Определить коэффициент вариации по данным статистической обработки опыта, проводившегося в предыдущие годы на данном участке. Площадь делянки  $100 \text{ м}^2$ , ошибка опыта  $3,5\%$  при числе повторений 4. Схема пользования номограммой для решения этой задачи представлена на рис. 2, 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  $100 \text{ м}^2$ .

Пример 3. Определить ошибку опыта, если планируется провести его на делянках площадью  $10 \text{ м}^2$  в четырехкратной повторности. Коэффициент вариации на опытном участке равен 6% для делянок в  $100 \text{ м}^2$ .

Определяем  $V$  по таблице (см. приложение 3). 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 =  $7 \times 1,47 = 10,3\%$ .

### **Контрольные вопросы**

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 (конкурсном) 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. Перечислить 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.

## **Глава 5. Документация и отчетность**

### **5.1. Ведение первичной документации**

Научно-обоснованный анализ результатов исследований, объективность научной информации в значительной степени определяются ведением строгой научной документации, и её надёжным хранением.



Вся документация по опыту подразделяется на первичную и основную (сводную). К первичной документации относятся дневник полевых работ, учетов и наблюдений (полевая книжка) и журнал опыта: полевого опыта. К дополнительным первичным документам относятся рабочие тетради, в которых ведут все необходимые пересчеты массовых наблюдений; журналы лабораторных анализов и расчета данных по опытам, ведомости учёта, ленты и листы с записями самопишущих приборов. К основной документации относятся научные отчеты, рефераты, опубликованные статьи, диссертационные и дипломные работы.

Дневник полевых работ, учетов и наблюдений представляет собой книжку-тетрадь, желателно в жесткой обложке, удобную для ношения в кармане или полевой сумке. Объем дневника должен быть таким, чтобы в нём помещались записи результатов всего опыта (краткосрочные опыты) или полного вегетационного периода. В многолетних и длительных опытах последовательно заполняют несколько дневников, при этом необходимо их нумеровать, указывая год исследований, даты начала и окончания ведения записей. На случай утери дневника в нем следует указывать почтовый адрес, домашний или рабочий телефон исследователя.

В дневнике исследований в хронологической последовательности по соответствующим формам записывают все результаты инструментальных и визуальных наблюдений, учетов и анализов непосредственно в поле, лаборатории, вегетационном домике, в теплице, на пастбище и т.д. В аналогичной последовательности в дневнике записывают все работы по закладке и проведению опыта (набивка сосудов почвой, проведение агротехнических работ на опыте, выключки). При этом в записях должны быть отражены объемы и качество работ, применяемые инструменты и техника. В дневнике наблюдений обязательно четко фиксируют экстремальные атмосферные явления (град, ливень, ураган, суховей, сильные заморозки), случаи вспышек засоренности посевов сорняками, поражение растений болезнями и вредителями. Желательно результаты визуальных наблюдений указанных явлений подтвердить инструментальными наблюдениями для получения объективной информации об их влиянии на рост и развитие растений. В случае необходимости в дневнике следует сделать зарисовки или привести фотографии изучаемых объектов. Если фотографии предполагается использовать не как иллюстративный материал, а как научный документ, то фотографировать объекты исследований необходимо с указанием вариантов и масштаба снимков, степени увеличения объектов, качества материалов и других условий съемок. Необходимо помнить, что в науке нет недостойных внимания мелочей, любой факт может оказаться явлением первостепенного значения при анализе результатов исследований или стать отправным пунктом для оригинальных исследований.

Для сокращения объема записей в дневнике названия вариантов можно шифровать буквами или цифрами. В этих случаях необходимо указать

полное название варианта и его шифр, не полагаясь на память и позволяя другим исследователям получать нужную информацию.

Записи в дневнике рекомендуется вести простым (а не химическим) карандашом или шариковой ручкой. Все поправки обязательно оговорить: кто, когда и по какой причине сделал исправление.

Журнал опыта аккуратно заполняют темными чернилами на основе дневника исследований и других первичных документов. При выполнении лабораторных анализов или полевых наблюдений, требующих громоздких промежуточных расчетов или записей результатов наблюдений, все записи можно производить в журнале опыта с последующим изложением итоговых данных за каждый анализ или за вегетационный период.

В журнале опыта должна содержаться исходная информация (сведения) об опыте и его методике: рабочая гипотеза, тема и раздел исследований, год закладки и проведения опыта, где и когда утверждены методика постановки опыта и программа исследований, схема и план опыта. На плане полевых и вегетационно-полевых опытов необходимо указать размеры: всего опыта, повторений, посевных и учетных делянок, защитных полос между делянками и повторениями, окаймляющих защитных полос. На плане вегетационно-полевых опытов необходимо указать размещение сосудов в поле, их размеры и другую информацию. На плане полевых опытов указывают ориентацию опыта по сторонам света, точки (репера) и способ закрепления опыта на местности, направление склона, расположение вариантов по делянкам опыта. Эта информация необходима для выполнения запланированных наблюдений и анализов, восстановления опыта в прежних границах (особенно важно для многолетних и длительных опытов), определения характера возможных ошибок (случайная или систематическая) и выбора соответствующих методов устранения или снижения этих ошибок (число повторений, площадь, форма и ориентация делянок, метод размещения вариантов и т.п.). Без этой информации трудно спланировать материально-техническую обеспеченность опыта. Если опыт лабораторный, вегетационный или лизиметрический, необходимо указать состав питательного субстрата, массу (объем) его в сосуде и другие факторы, достойные внимания исследователя.

Для полевых опытов излагают историю и характеристику почв участка: тип, подтип, мощность пахотного горизонта и других слоев почвенного профиля, механический состав, агрохимические свойства почвы, предшественник, систему удобрений и защиты растений, применяемые на участке перед закладкой опыта.

В общих сведениях излагают данные о посевных качествах семян. При работе с овощными и плодовыми культурами необходимо обращать особое внимание на качество посадочного материала, его однородность, сроки и качество посадки. Неоднородность посадочного материала, отклонения во времени посадки могут вызвать дополнительную вариацию урожайности, часто значительно превышающую вариацию, обусловленную изучаемыми вариантами.

В журнале опыта в наиболее удобной и понятной для других форме излагают обобщенные и предварительно обработанные данные наблюдений и учетов, сопутствующие эксперименту условия, все виды агротехнических работ, урожаи, результаты статистического анализа и другие сведения, необходимые для дальнейших обобщений, выводов и рекомендаций.

В журнале опыта обязательны записи, необходимые для понимания и объяснения сущности изучаемых вопросов.

1. Перечень всех работ по закладке и проведению опыта (от уборки предшествующей культуры до уборки урожая в опыте) с указанием сроков, способов, применяемой техники и качества выполнения работ;

2. Результаты всех анализов, наблюдений и учетов в виде таблиц, графиков, рисунков, уравнений;

3. Результаты учета урожая: а) по делянкам; б) в пересчете на 1 га; в) приведенного к стандартной влажности и чистоте;

4. Результаты статистической обработки опытных данных;

5. Предварительные выводы и предложения.

Для каждого опыта заводят отдельный журнал. В многолетних и длительных опытах по каждому опыту ведут несколько журналов, их нумеруют, указывают дату начала и окончания записей, вопросы (группа вопросов), которые отражены в журнале.

Журналы хранят в лаборатории (на кафедре), в специальном шкафу или сейфе. Исправления и подчистки в журнале опыта недопустимы. В случае обнаружения ошибок в результатах исследований неверные данные зачеркивают и записывают новые. Исправления должны быть обязательно оговорены (кем, когда и по какой причине введены исправления) и скреплены подписями ответственного исполнителя и руководителя подразделения, в котором ведутся исследования. То же относится к дополнениям, которые потребовалось ввести в уже сделанные записи.

## **5.2. Оформление основных документов в научной работе**

Завершающий этап экспериментальной работы – оформление её в виде научного отчета, статьи, диссертационной работы, монографии и передача рекомендаций (в виде отдельных приемов, технологий и т.д.) для внедрения в производство.

При окончательном литературном оформлении результатов научного исследования необходимо соблюдение правил, предъявляемых к любому печатному выступлению, отчету, таких, как наличие ведущей идеи, фактическая достоверность материала, логическая последовательность, ясность, краткость и убедительность изложения.

Литературное оформление результатов полевого опыта, т. е. описание научно-исследовательской работы, изложение оригинальных мыслей автора в их логической последовательности, включает отбор материалов, их группировку, анализ и непосредственное написание научного произведения.

Отчет о научно-исследовательской работе оформляют согласно требованиям Государственного стандарта, который устанавливает общие

требования, структуру и правила оформления отчетов о научно-исследовательских работах (НИР).

Отчет о НИР является научно-техническим документом, который содержит полные сведения о выполненной работе или ее этапе. По отдельным этапам НИР составляют промежуточные отчеты, которые служат в дальнейшем основой для заключительного отчета о работе в целом.

Одновременно с подготовкой отчета ответственный исполнитель в соответствии с установленным порядком государственной регистрации и учета НИР заполняет информационную карту утвержденного образца.

Общими требованиями к отчету являются: четкость и логическая последовательность изложения материала; убедительность аргументации; краткость и точность формулировок, исключающих возможность неоднозначного толкования; обоснованность рекомендаций и предложений.

Отчет о НИР должен содержать: титульный лист, список исполнителей, реферат, содержание (оглавление), перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов, введение, основную (экспериментальную) часть, заключение, список использованных источников, приложения.

Введение отчета должно содержать оценку современного состояния решаемой научной проблемы, основания и исходные данные для разработки темы; обоснование необходимости проведения работы. Должна быть показана актуальность и новизна темы, связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами.

Во введении промежуточного отчета по этапу НИР должны быть приведены цели и задачи исследований на этом этапе и их место в выполнении НИР в целом. Во введении заключительного отчета помещают перечень наименований всех подготовительных промежуточных отчетов по этапам и их инвентарные номера; должно быть отражено обоснование выбора принятого направления исследования, методы решения поставленной задачи, разработка общей методики проведения работы, критический анализ и обобщение результатов ранее проведенных исследований и дано обоснование необходимости проведения экспериментальной работы.

Основная часть включает: теоретическое обоснование, результаты теоретических и (или) экспериментальных исследований, обобщение и оценку результатов исследований.

Полученные в эксперименте результаты необходимо проанализировать и сопоставить с аналогичными результатами отечественных и зарубежных работ, оценить полноту решения поставленных вопросов, достоверность полученных данных.

Результаты исследований представляют в виде таблиц, которым предшествует текстовая часть, содержащая описание объекта и метода исследования, условий проведения эксперимента. Представление экспериментальных данных в виде графиков или формул не должно заменять их представления в виде таблиц.

Количество экспериментальных данных должно быть достаточным для их статистической оценки и установления существенности различий по вариантам эксперимента.

Данные, взятые из других источников, должны быть четко обозначены с указанием источников. Отчет должен содержать анализ ошибок источников (случайных и систематических). Экспериментальные данные должны быть статистически обработаны с обязательным указанием метода анализа.

Заключение в отчете должно содержать краткие выводы по результатам выполнения НИР, рекомендации и предложения по внедрению в производство, оценку технико-экономической эффективности внедрения или народнохозяйственную, научную, социальную ценность работы.

В приложения следует включать отчет о патентных исследованиях, если они проводились при выполнении НИР, и перечень библиографических описаний публикаций, авторских свидетельств, патентов, если они были опубликованы или получены в результате выполнения НИР.

В отчет включают дополнительные сведения: таблицы вспомогательных цифровых данных, иллюстрации вспомогательного характера, промежуточные математические доказательства, формулы и расчеты, протоколы и акты испытаний, инструкции и методики, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, разработанных в процессе научно-исследовательской работы, акты о внедрении результатов исследований.

Оформляя отчет, единицы измерений опытных данных следует указывать, используя международную символику и терминологию, при этом сокращения русских слов и словосочетаний недопустимы, за исключением общепризнанных и рекомендованных сокращений.

Если в отчете принята специфическая терминология, применяются малораспространенные сокращения, новые символы и обозначения, то представляют их перечень отдельным списком.

Основные положения НИР, аргументы и факты, излагаемые в отчете, часто сопровождаются иллюстрациями-таблицами, чертежами, схемами, графиками, рисунками и т.п. Желательно, чтобы иллюстрация занимала не более одной страницы.

## **Практические занятия по теме главы**

### **Занятие 1 (8). Ведение опытной документации, составление научного отчета и рекомендаций производству**

#### **Цели занятия:**

1. изучить основные документы, необходимые для проведения полевого опыта, и требования, предъявляемые к их ведению;
2. научиться составлять рабочую программу, календарный план исследований;

3. ознакомиться с правилами и требованиями по составлению научного отчета о проделанной работе и соответствующих рекомендаций производству.

**Задания:**

1. пользуясь рекомендуемой литературой и вводными пояснениями изучить материал по теме;

2. составить исследовательскую документацию в соответствии с заданием темы своего варианта:

Вариант 1. Разработать долгосрочный сезонный прогноз развития бурой листовой ржавчины на посевах пшеницы.

Вариант 2. Определить условия отзывчивости растений сахарной свеклы на применение минеральных удобрений при интенсивной технологии выращивания.

Вариант 3. Составить селективный подбор сортов озимой пшеницы устойчивых к пыльной головне.

Вариант 4. Дать сравнительную оценку различных систем обработки почвы для выращивания подсолнечника в зоне достаточного увлажнения.

Вариант 5. Установить эффективность стимуляторов роста растений при выращивании семенного картофеля.

**Вводные пояснения**

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.

Документация по полевому 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.

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 4.

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 5). 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.

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 полевому 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 таблиц, 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.

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, исключающих 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 полевому опыту включает следующие основные разделы:

1. цель и задачи исследования;
2. краткая история вопроса (по материалам изучения научной литературы);
3. схема, методика и условия проведения эксперимента;
4. результаты исследований;
5. выводы и рекомендации производству;
6. список использованной литературы.



Научный отчет и рекомендации производству подписывают руководитель и исполнители.

Научные исследования по конкретной теме завершаются созданием научной продукции, которая независимо от вида исследований должна иметь прикладной характер для развития сельского хозяйства. Такой продукцией являются теоретические и научно-методические положения, методики, рекомендации производству.

Наиболее рациональные формы внедрения прикладных исследований следующие: использование результатов исследований в аграрном предприятии или крестьянско-фермерском хозяйстве, подтверждаемых документом с указанием достигнутого и ожидаемого эффекта и планов дальнейшего использования; опытно-хозяйственное апробирование результатов исследования, подтвержденное руководящими сельскохозяйственными органами с указанием сроков дальнейшей реализации и ожидаемого эффекта; решение организации, координирующей научно-исследовательские работы, о включении указанных исследований в планы научно-исследовательской работы (НИР).

Законченные научные исследования 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.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите требования, предъявляемые к составлению программы опыта.
2. Как правильно составить календарный план исследований?

## **ЧАСТЬ ВТОРАЯ**

### **ЭЛЕМЕНТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ**

#### **Глава 6. Совокупность и выборка. Эмпирические и теоретические распределения**

##### **6.1. Задачи математической статистики. Совокупность и выборка**

Математическая статистика – это один из разделов математики. Она позволяет делать умозаключения о всей (генеральной) совокупности на основе наблюдений над выборочной совокупностью, или выборкой. Все статистические методы основаны на теории вероятностей – науке,

изучающей общие закономерности в массовых случайных явлениях различной природы, и применяются везде, где приходится иметь дело с планированием экспериментов и обследований, с оценкой параметров и проверкой гипотез, с принятием решений при изучении сложных систем. Слово «случайный» употребляется здесь для обозначения явления, исход которого в настоящий момент нельзя точно предсказать. Так, результаты опытов всегда подвержены тем или иным посторонним влияниям, помимо изучаемых. В результате любой опыт содержит некоторый элемент случайности, который измеряется величиной экспериментальной ошибки.

Знание современных методов статистической обработки необходимо не только для количественной характеристики наблюдений и полученных в опыте данных, когда уже нельзя ничего исправить, но и на всех этапах эксперимента – от планирования до интерпретации окончательных результатов.

Нельзя, однако, преувеличивать ценность статистических методов и превращать их использование в самоцель. Сами по себе методы математической статистики, если они не сочетаются с предварительным квалифицированным анализом агрономической сущности изучаемого явления и правильной постановкой опытов, не могут ничего добавить к умению экспериментатора. Никакая статистическая обработка материалов не может заставить плохой опыт дать хорошие результаты.

Всякое массовое, множественное явление, например, группа растений на поле, представляет собой совокупность особей, случаев, фактов, предметов, т.е. некоторых условных единиц, каждая из которых в отдельности строго индивидуальна и отличается от других рядом признаков – высотой, массой, количеством продукции и т.д. Каждый из признаков может иметь у различных особей разную степень выраженности, поэтому говорят, что признак варьирует. Свойство условных единиц – растений, урожаев на параллельных делянках полевого опыта и т.п. – отличаться друг от друга даже в однородных совокупностях называется изменчивостью, или варьированием. Изменчивость – свойство, присущее всем предметам природы: двух совершенно одинаковых предметов не существует, хотя различия между ними и могут быть незаметными для невооруженного глаза.

Варьирующими признаками у растений являются, например, их высота, количество и масса зерен в колосе, содержание протеина и др. Варьирование возникает вследствие того, что растения одного и того же сорта всегда отличаются своей наследственностью, кроме того, формирование их часто протекает в относительно различных условиях внешней среды. В полевых и вегетационных опытах даже при самой тщательной работе урожаи на параллельных делянках или в сосудах всегда получаются разные. Это колебание, изменчивость, вариация – результат влияния различного сочетания внешних условий, не всегда поддающихся учету, и определяемое часто как следствие случайных причин, вызывающих различия в изучаемых признаках. Следовательно, при любом исследовании данные опытов будут всегда варьировать в тех или иных пределах.

Изменчивость, варьирование признаков создает известную трудность в тех случаях, когда требуется дать общую характеристику определенной варьирующей группе (совокупности) растений, животных, почв и т. п. по отдельным признакам или сравнить две такие группы и найти различие между ними. Совершенно очевидно, что не всегда возможно (а практически очень редко) исследовать по тому или другому признаку все особи, всю совокупность. В этих случаях прибегают к изучению части ее, по которой делают общее заключение. Такой метод называется выборочным и считается основным при статистическом изучении совокупности.

Таким образом, всю группу объектов, подлежащую изучению, называют совокупностью или генеральной совокупностью, а ту часть объектов, которая попала на проверку, исследование, – выборочной совокупностью или просто выборкой. Число элементов в генеральной совокупности и выборке называют их объемом.

Главная цель выборочного метода – по статистическим показателям малой выборки (средней пробе) возможно точнее охарактеризовать всю совокупность объектов, которая в статистике и называется генеральной совокупностью.

Аналогично поступают и при постановке полевых опытов, когда редко имеют более 6-8 одноименных (повторных) делянок и по их урожаям или другим определениям, т.е. по этой малой выборке из общей площади опытного участка, пытаются получить достоверные выводы относительно всего опытного участка, относительно большего числа возможных результатов.

Следовательно, цель выборочного метода научного исследования – при помощи сравнительно ограниченных средств, которые дают возможность изучать единичные явления, установить характерные свойства и законы для бесконечного числа возможных или встречающихся явлений.

## **6.2. Распределение частот и их графическое построение**

Многие исследования начинаются обычно со сбора обширного цифрового материала, понимание которого облегчается систематизацией и представлением исходных данных в виде таблиц и графиков.

В дальнейшем данные этих таблиц необходимо сгруппировать в группы с определенным интервалом. Ориентировочно число групп равно корню квадратному из объема выборки, которое, не должно быть меньше 5 и больше 20.

Величину интервала групп определяют по соотношению:

$$i = \frac{X_{\text{макс}} - X_{\text{мин}}}{\text{число групп}} = \frac{R}{k}, \quad (25)$$

При выборе границ групп следует обращать внимание на то, чтобы верхняя граница группы была меньше, чем нижняя граница прилегающей соседней группы на цену деления, т.е. единицу измерения. Группируют в такой последовательности:

1. Определяют размах варьирования результатов измерения, т. е. разность между наибольшим и наименьшим значением ряда измерений:

$$R = X_{\text{макс}} - X_{\text{мин}}, \quad (26)$$

2. Устанавливают число групп  $k$  и размер интервала группировки  $i = R/k$ .

3. Подготавливают макет таблицы сгруппированного распределения частот результатов измерений.

4. Подсчитывают число данных соответствующих по своему значению каждому интервалу группировки, и результаты записывают в соответствующие графы таблицы.

Указанный в таблице ряд пар чисел составляет эмпирическое распределение частот – распределение частот  $f$  по значениям  $X_i$ . Сумма частот равна объему совокупности  $\sum f = n = 100$ .

Визуальное представление о распределении частот будет более наглядным при графическом изображении данных.

Этот способ очень удобен, он позволяет сразу охватить важнейшие черты, закономерности распределения наблюдений. Графическое изображение вариационного ряда называется кривой распределения или вариационной кривой. Для построения кривой распределения на горизонтальной линии (ось абсцисс) наносят значения интервала группировки, а по вертикали (ось ординат) – численности этих значений или частоту  $f$ . Масштаб в обоих направлениях следует выбирать такой, чтобы весь график имел удобную и легко обозримую форму.

Ступенчатый график в виде столбиков, имеющих высоту, пропорциональную частотам, а ширину, равную интервалам классов, называется гистограммой, из которой легко получить полигон – кривую распределения, соединив линией средние значения групп.

Для выбора соотношения между масштабами на осях абсцисс и ординат при построении графика целесообразно руководствоваться правилом «золотого сечения», согласно которому высота графика должна относиться к его ширине примерно как 5 : 8.

Тенденция значений признака группироваться вокруг центра распределения частот, статистической характеристикой которого является средняя арифметическая,  $\bar{x}$  называется центральной тенденцией.

Наряду со средней арифметической важной статистической характеристикой эмпирических распределений является стандартное отклонение  $S$  – мера разброса отдельных наблюдений вокруг среднего значения признака. Квадрат стандартного отклонения  $S^2$  – называется дисперсией, или средним квадратом. Стандартное отклонение и дисперсия являются наиболее употребительными и стабильными характеристиками рассеяния варьирующих признаков: чем больше дисперсия или стандартное отклонение, тем более рассеяны около средней, индивидуальные значения признака, т.е. больше изменчивость; с уменьшением этих величин – изменчивость уменьшается.

### 6.3. Статистические характеристики количественной и качественной изменчивости

Основными статистическими характеристиками количественной изменчивости являются средняя арифметическая ( $\bar{x}$ ), дисперсия ( $S^2$ ), стандартное отклонение ( $S$ ), ошибка средней арифметической ( $S_{\bar{x}}$ ), коэффициент вариации ( $V$ ) и относительная ошибка выборочной средней ( $S_{\bar{x}}\%$ ).

Средняя арифметическая  $\bar{x}$  представляет собой обобщенную, абстрактную характеристику всей совокупности в целом. Если сумму всех вариантов ( $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ ) обозначить через  $\sum X$ , а число всех вариантов через  $n$ , то формула для определения простой средней арифметической примет следующий вид:

$$\bar{x} = \sum X/n. \quad (27)$$

Основное свойство средней арифметической заключается в равенстве суммы всех положительных и всех отрицательных отклонений от нее, т.е. сумма центральных отклонений всех отдельных вариантов от  $\bar{x}$  равна нулю. Если сумма оказалась неравной нулю, значит, допущена ошибка в вычислениях.

Дисперсия  $S^2$  и стандартное отклонение  $s$  служат основными мерами вариации, рассеяния изучаемого признака. Дисперсия представляет собой частное от деления суммы квадратов отклонений  $\sum (X - \bar{x})^2$  на число всех измерений без единицы ( $n - 1$ ):  $S^2 = \sum (X - \bar{x})^2/n - 1$ .

Размерность дисперсии равна квадрату размерности изучаемого признака, что неудобно и заставляет ввести для измерения рассеяния другую характеристику, имеющую размерность варьирующей величины и называемую стандартным или средним квадратическим отклонением. Его получают извлечением квадратного корня из дисперсии.

Для вычисления дисперсии  $S^2$  следует определить отклонения всех вариантов  $X$  от среднего арифметического ( $X - \bar{x}$ ), возвести каждое такое отклонение в квадрат  $(X - \bar{x})^2$  и сумму этих квадратов  $\sum (X - \bar{x})^2$  разделить на число всех измерений без единицы ( $n - 1$ ). Для вычисления стандартного отклонения необходимо извлечь квадратный корень из дисперсии.

Из математической статистики известно, что при определении любых средних величин сумму всех показателей необходимо делить на число независимых друг от друга величин. В связи с этим в формулах сумму квадратов отклонений  $\sum (X - \bar{x})^2$  делят не на общее число наблюдений, а на число без единицы, так как одно любое отклонение зависимое и может быть найдено из равенства нулю сумм средней арифметической  $\sum (X - \bar{x}) = 0$ . Остальные отклонения могут свободно варьировать, принимать любые значения. Число свободно варьирующих величин называется числом степеней свободы или числом степеней свободы вариации. Оно обозначается  $\nu$  и в простейшем случае равно  $n - 1$ .

Стандартное отклонение служит показателем, который дает представление о наиболее вероятной средней ошибке отдельного, единичного наблюдения, взятого из данной совокупности. В пределах одного значения ( $\pm 1S$ ) укладывается примерно 2/3 всех наблюдений, или, точнее, 68,3% всех вариантов, т.е. основное ядро изучаемого ряда величин. Поэтому стандартное отклонение называют также основным отклонением вариационного ряда.

Коэффициент вариации  $V$  – стандартное отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической данной совокупности:  $V = S/\bar{x} \times 100$ .

Коэффициент вариации является относительным показателем изменчивости.

Изменчивость принято считать незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10%, средней, если  $V$  выше 10%, но менее 20%, и значительной, если коэффициент вариации более 20%.

Для характеристики степени выравненности материала иногда целесообразно использовать величину, дополняющую значение коэффициента вариации до 100. Этот показатель называют коэффициентом выравненности и определяют по равенству  $B = 100 - V$ .

Коэффициенты изменчивости и выравненности, будучи отвлеченными числами, выраженными в процентах, дают возможность сравнивать варьирование признаков разной размерности, например, высоты и массы, содержания азота и площади листьев, а также при сравнении изменчивости величин, уровень которых резко различен (например, урожай льноволокна и корнеплодов). При изучении вариабельности признаков одинаковой размерности необходима известная осторожность – коэффициент вариации может дать искаженное представление об изменчивости, например, при разных значениях  $\bar{x}$  и одинаковых  $S$ . В этих случаях степень вариации необходимо оценивать величиной  $S^2$  или  $S$ .

Ошибка выборочной средней или ошибка выборки  $S_{\bar{x}}$  является мерой отклонения выборочной средней  $\bar{x}$  от средней всей (генеральной) совокупности  $\mu$ . Ошибки выборки возникают вследствие неполной репрезентативности (представительности) выборочной совокупности и свойственны только выборочному методу исследования. Они связаны с перенесением результатов, полученных при изучении выборки, на всю генеральную совокупность. Величина ошибок зависит от степени изменчивости изучаемого признака и от объема выборки.

Ошибка выборочной средней прямо пропорциональна выборочному стандартному отклонению  $S$  и обратно пропорциональна корню квадратному из числа измерений  $n$ .

Ошибки выборки выражают в тех же единицах измерения, что и варьирующий признак, и приписывают к соответствующим средним со знаками  $\pm$ . Ошибка средней арифметической тем меньше, чем меньше варьирует опытный материал и чем из большего числа измерений вычислено

среднее арифметическое. Ошибка выборки, выраженная в процентах от соответствующей средней, называется относительной ошибкой выборочной средней:

$$S_{\bar{x}}\% = \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}} \times 100, \quad (28)$$

В биологических и агрономических исследованиях часто приходится иметь дело с качественной изменчивостью признаков: разная форма и окраска семян и плодов, расщепление гибридов и т.д. Частным случаем качественной изменчивости является альтернативная, при которой варьирующие признаки представляют собой одну из двух возможностей (альтернатив) – наличие или отсутствие признака, например мужские или женские экземпляры, растения больные и здоровые, колосья остистые и безостые и т.п. Группировка результатов наблюдений при качественном варьировании сводится к распределению совокупности объектов на группы (классы) с разными качественными признаками.

Основными статистическими показателями (параметрами) качественной изменчивости являются доля признака, показатель изменчивости, коэффициент вариации и ошибка выборочной доли.

Доля признака, или относительная численность (частота) отдельной варианты в данной совокупности. Доля признака обозначается через  $p_1, p_2, p_3$  и т.д. и может быть выражена в частях единицы или в процентах. В первом случае сумма всех долей в пределах данной совокупности или ряда распределения равна единице, а во втором – 100%.

Доля признака – это отношение численности каждого из членов ряда  $n_1, n_2, n_3$  и т.д. к численности совокупности  $N$ , т.е. вероятность появления данного признака в изучаемой совокупности:

$$p_1 = \frac{n_1}{N}; p_2 = \frac{n_2}{N}; p_3 = \frac{n_3}{N} \text{ и т.д.} \quad (29)$$

При альтернативной (двояковозможной) изменчивости доля одного признака обозначается через  $p$ , а второго через  $q$ . На основании очевидного равенства  $p + q = 1,0$  (или 100%), так как вероятность двух противоположных событий всегда равна единице (100%), значение  $q = 1 - p$ .

Показатель изменчивости качественного признака  $s$  характеризует варьирование величин ряда относительно друг друга. Значение показателя изменчивости определяется по формуле:

$$s = \sqrt[k]{p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot \dots \cdot p_k}, \quad (30)$$

где,  $p_1, p_2$  и т.д. – доли признака (или процентные значения их) в общей совокупности;  $k$  – число градаций признака.

Когда  $k > 2$ , то формулу для вычисления показателя изменчивости удобнее прологарифмировать:

$$\lg s = \frac{\lg p_1 + \lg p_2 + \dots + \lg p_k}{k}. \quad (31)$$

Если изучаемая совокупность представлена объектами с градациями признака (альтернативная изменчивость), то:

$$s = \sqrt{pq}, \quad (32)$$

где,  $p$  и  $q$  – доли признака, выраженные в частях единицы или процентах.

Пользуясь величинами максимальных значений  $s_{\text{макс}}$ , можно вычислить коэффициент вариации качественных признаков – фактический показатель изменчивости, выраженный в процентах к максимально возможной изменчивости:

$$V_p = s/s_{\text{макс}} 100. \quad (33)$$

Коэффициент вариации характеризует относительную степень изменчивости изучаемых признаков и широко используется для сравнительной оценки выравненности различных совокупностей. Максимальное значение  $V_p = 100\%$  наблюдается при  $s = s_{\text{макс}}$

Ошибка выборочной доли  $s_p$  – мера отклонения доли признака выборочной совокупности  $p$  от доли его по всей генеральной совокупности  $P$  вследствие неполной представительности (репрезентативности) выборки. Ошибку доли вычисляют по формуле:

$$s_p = s / \sqrt{N}, \quad (34)$$

где,  $s$  – показатель изменчивости качественного признака;  $N$  – объем выборки.

## Практические занятия по теме главы

### **Занятие 1 (9). Статистические характеристики количественной изменчивости. Методы вычисления сумм квадратов отклонений**

#### **Цели занятия:**

1. ознакомление с основными понятиями, терминами и символами, применяемыми в научной агрономии;
2. изучение статистических характеристик количественной и качественной изменчивости.

#### **Задания:**

1. изучить основные понятия, применяемые в агрономических исследованиях;
2. изучить статистические характеристики количественной и качественной изменчивости;
3. рассчитать суммы квадратов отклонений по прилагаемой форме (таблица 3).

#### **Вводные пояснения**

В результате опытной работы агроном-исследователь получает большое количество данных, без систематизации и всестороннего анализа которых не удастся извлечь заключенную в них информацию, открыть законы, по которым происходит формирование урожая сельскохозяйственных культур.



При проведении исследований, связанных с ростом и развитием сельскохозяйственных растений в естественных условиях (полевые опыты) или в близких к ним (вегетационный и лизиметрический опыты), ученый получает большое количество цифр, что объясняется разной реакцией растительных организмов, имеющих неодинаковые жизненные силы, на изменение факторов внешней среды. Например, на одном поле высота растений неодинаковая, рядом расположенные кусты картофеля формируют разное количество клубней разного размера. При изучении любого массового явления необходимо иметь большое количество наблюдений, так как чем больше цифрового материала, тем меньше влияние случайного воздействия отдельных факторов.

Наука о статистическом анализе массовых явлений в биологии, т.е. таких явлений, в массе которых обнаруживаются закономерности, не выявляемые на единичных случаях наблюдений, называется **биометрией**.

Предметом биометрии может быть любой биологический объект, если проводимые на нём наблюдения получают количественное выражение.

#### **Условия применения биометода:**

- качественная однородность материала – число зерен в колосе, высота растений, число листьев и др. Если анализ проводится при нарушении однородности, например, сравниваем высоту растений с числом зерен в колосе, то никакая математическая обработка не подтвердит сделанного вывода;

- наличие достаточного числа хорошо проведенных, доброкачественных наблюдений. Высоту растений ячменя на площади 1 га можно определить по одному растению, по двум, десяти и т.д. Совершенно очевидно, что самую точную высоту растений можно определить, измерив все 4,5 млн. растений, что практически невозможно. В таких случаях прибегают к изучению части совокупности, величина которой строго определена.

Следовательно, вся группа объектов, подлежащая изучению, называется **совокупностью** или **генеральной совокупностью**, а та часть объектов, которая попала на проверку – **выборочной совокупностью** или **выборкой**. Число элементов в генеральной совокупности и выборке называют их объемом. Выборки, состоящие из 20-30 единиц наблюдения, называют малыми, а выборки большего объема – большими.

Главная цель выборочного метода – по статистическим показателям малой выборки (средней пробы) возможно точнее охарактеризовать всю совокупность объектов.

#### **Биометрия применяется для:**

- получения числовой характеристики отдельных признаков и степени их изменчивости: высота растений кукурузы – 110 см, степень изменчивости от 70 см до 140 см;

- нахождения ошибки исследования, т.е. тех пределов, в которых сделанный цифровой вывод является достоверным. При изучении массового явления мы обязательно совершаем ошибку, которая заложена в методике определения того или иного показателя – ошибку исследования. Например, проверяя семена на всхожесть, от партии 600 ц берут образец 1 кг, из которого в лаборатории по 4 пробам из 100 семян определяют всхожесть всей партии, по малой доле общего делают вывод обо всей совокупности;

- определения достоверности полученных различий между вариантами опыта;

- сопоставления полученного эмпирического ряда величин с теоретически вычисленными для суждения о степени приближения данных эксперимента к теоретическим расчетам. Например, расчет урожая по приходу ФАР, по влагообеспеченности и фактическая урожайность;

- нахождения формы и тесноты связи между признаками. Возьмем два растения – одно, выращенное в засушливых условиях, – компактное, листья узкие, опушенные и цвет всего растения серовато-зеленый, другое – выращенное при орошении – ярко зеленое, мощное, сочное. Таким образом, условия увлажнения оказывают влияние на внешний вид, рост и развитие растений.

Ряд варьируемых, качественно однородных величин называется вариационным рядом. Взяли 10 колосьев яровой пшеницы измерили их длину – один вариационный ряд, посчитали число колосков – другой, посчитали число зерен – третий и т.д.

Все биологические признаки изменяются в определенных пределах, в массе однородных особей всегда имеются индивидуальные различия в величине, окраске и других свойствах сельскохозяйственных растений. Это явление называется **варьированием** или **изменчивостью** – свойством, характерным для всего живого.

В зависимости от характера исследуемого признака различают два типа варьирования – изменчивости: **количественная** – которая может быть измерена, и **качественная**, или **атрибутивная** – которая не поддается измерению.

Количественная изменчивость – различия между вариантами выражаются количественно: массой, высотой, числом зерен, числом колосков, урожаем, то есть показателями, которые можно непосредственно измерить или сосчитать. Различают два вида количественной изменчивости: **прерывистую**, или **дискретную**, и **непрерывную**.

Прерывистая изменчивость – при которой различия между вариантами выражаются целыми отвлеченными цифрами: число початков на растении, число растений на квадратном метре и т.д., между которыми нет и не может быть переходов.

Непрерывная изменчивость – когда значения признаков выражаются мерами массы, объема, длины и т.д., между которыми мыслимы любые переходы.

Качественной изменчивостью называется варьирование, при котором различия между вариантами выражаются качественными показателями, которые не поддаются непосредственному измерению и учитываются по наличию их у членов данной совокупности. Например, в популяциях растений можно подсчитать число экземпляров с разной окраской цветков – белой, розовой, голубой и т.п.

Деление признаков на качественные и количественные условно, хотя и необходимо с точки зрения биометрии: в каждом качестве можно обнаружить множество количественных градаций, например, в окраске листьев и цветков (по количеству содержащегося в них пигмента), равно как и совокупность числовых значений количественных признаков можно подразделить на качественно обособленные группы. Если признак принимает два взаимоисключающих друг друга значения: остистый – безостый, опушенный – неопушенный, то изменчивость называется альтернативной.

Измеряя высоту растений, подсчитывая число зерен или число колосков в колосе – во всех подобных случаях величина каждого признака будет колебаться в некоторых границах от одной единицы наблюдений к другой. Эти колебания величины одного и того же признака, наблюдаемые в общей массе его числовых значений называются **вариациями**, а отдельные числовые значения варьирующего признака называют **вариантами** (от лат. *variant* – изменяющийся). Варианта, по терминологии Р. Фишера – дата, обозначается буквой *x*.

Число экземпляров вариационного ряда, имеющих одинаковую варианту, называется **частотой** – *f*. Например, среди 10 колосьев в трех было по 33 зерна – частота 3, в двух – по 35 зерен – частота 2.

Сумма всех частот равна объему выборки, т.е. числу членов ряда –  $n = \sum f$ .

18	19	16	17	Число членов ряда – 40 Изменчивость – прерывистая Вариации от 15 до 20 Каждая цифра – варианта
20	18	19	19	
19	17	18	17	
17	18	18	15	
16	17	17	17	
18	17	18	15	
17	18	20	17	
15	17	19	16	
16	15	16	17	
17	18	18	18	

Составляем таблицу с данными прерывного варьирования (табл. 4), в которую записываем значение вариант и методом «штрихов» или «конвертиков» отмечаем число колосков, имеющих одинаковую варианту.

Способ «штрихов». В вариационном ряду зачеркивают первую дату и заносят ее в соответствующую строчку (группу) рабочей таблицы, отмечая вертикальной чертой. Затем зачеркивают вторую дату и также переносят в таблицу. В каждом классе четыре даты отмечают вертикальными черточками, а пятую – в виде диагонали.

Способ «конвертиков». Первые четыре даты каждой варианты изображают точками по углам квадрата; следующие четыре даты (5-8) отмечают в виде сторон квадрата, соединяющих ранее нанесенные точки, а 9 и 10 даты – в виде диагоналей. Каждый десяток отмечают в виде конвертика:



Сумма всех частот  $\sum f$  равна объему выборки. В нашем случае  $\sum f = 40$  – числу колосьев яровой пшеницы.

После определения частоты получается короткий легко обозримый ряд, позволяющий судить о характере изменчивости изучаемого признака. Так, в нашем примере наиболее часто встречаются колосья с числом колосков 17 и 18. Колосья с большим числом колосков (19-20), а также с меньшим (15-16) встречаются значительно реже.

Из математической статистики известно, что вариационные ряды дают наглядное представление о том, как варьирует тот или иной количественный признак. Но этого недостаточно для точной характеристики статистической совокупности, поскольку содержат много деталей, охватить которые без применения сводных или обобщающих количественных показателей весьма трудно. Количественные показатели, которые логически и теоретически обоснованы и позволяют судить о качественном своеобразии варьирующих объектов и сравнивать их между собой, называются статистическими характеристиками, наиболее важными из которых являются средние величины и показатели вариации признаков.

Таблица 4 – Данные прерывного варьирования

Варианта, $x$	Число колосков		Частота
15	∴		4
16	!∴	/	5
17	⊠ ∴.	/	13
18	⊠ .	/	11
19	!∴	/	5
20	∴		2

В отличие от индивидуальных числовых характеристик, средние величины обладают большей устойчивостью, способностью характеризовать группу однородных единиц одним (средним) числом. И хотя средние абстрагируют нас от конкретных вещей, они вполне понятны и ощутимы. Средняя высота, средняя масса, средняя урожайность – все эти понятия абстрактные о конкретных веществах. Значение средних заключается в их свойстве аккумулировать или уравнивать все индивидуальные

отклонения, в результате чего проявляется то наиболее устойчивое и типичное, что характеризует качественное своеобразие группового объекта, позволяет отличать его от других варьирующих объектов.

Выборочные средние, т.е. величины, характеризующие совокупность выборочных данных, принято обозначать теми же буквами, какими обозначены варианты (даты), с той лишь разницей, что над буквой ставится черта. Так, если признак обозначить через  $X$ , то его числовые значения –  $x$ , а средняя арифметическая –  $\bar{x}$ .

Из средних величин наиболее часто используется **средняя арифметическая**  $\bar{x}$ : – одна из основных характеристик вариационного ряда, являющаяся центром распределения, вокруг которого группируются все варианты статистической совокупности. Если сумму вариантов ( $x_1 + x_2 + x_3 + x_n$ ) обозначить через  $\sum X$ , а число всех вариантов через  $n$ , то формула для определения простой средней арифметической примет следующий вид:

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}. \quad (35)$$

Основное свойство средней арифметической заключается в равенстве всех положительных и всех отрицательных отклонений от неё, т.е. сумма центральных отклонений всех отдельных вариантов и  $n$  равна нулю:

$\sum(X - \bar{x}) = (X_1 - \bar{x}) + (X_2 - \bar{x}) + (X_n - \bar{x}) = 0$ . Если  $\sum(X - \bar{x})$  оказалась не равной нулю, значит, допущена ошибка в вычислениях.

Таким образом, средняя арифметическая является основной статистической характеристикой вариационного ряда, все остальные лишь объясняют ее, но в тоже время она определяет только среднее числовое значение, а характер варьирования чисел остается неизвестным.

Показатель, характеризующий варьирование признака – **размах вариации**, который определяется по разности максимальной и минимальной вариант данной совокупности:

$$R = X_{\max} - X_{\min}. \quad (36)$$

Например, один признак варьирует от 4 до 16 единиц, а другой в пределах от 3 до 18 тех же единиц. Размах вариации первого признака  $R_1 = 16 - 4 = 12$ , а второго  $R_2 = 18 - 3 = 15$ . Следовательно, второй признак варьирует сильнее, чем первый.

Размах вариации – конкретный и простой показатель вариации, но он способен сильно меняться при повторных выборках из одной и той же генеральной совокупности, т.е. он не является характерным показателем варьирования. Более полно вариационный ряд характеризует средний квадрат отклонений вариант данной совокупности от их величины – показатель, называемый дисперсией (от лат. *dispersion* – рассеяние) которую определяют по формуле:

$$S^2 = \frac{\sum(X - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (37)$$

где,  $\sum$  знак суммирования отклонений вариант  $X$  от их средней  $\bar{x}$ ;

$n$  – общее число наблюдений или объем выборки.

Величина  $n - 1$  – число свободно варьирующих единиц и элементов в составе численно ограниченной совокупности – называется **числом степеней свободы** и обозначается буквой  $\nu$ .

Наряду с дисперсией, важнейшей характеристикой вариации служит **среднее квадратическое отклонение** –  $S$ , представляющее корень квадратный из дисперсии:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (38)$$

Эта величина называется также **стандартным отклонением** (от лат. *standard deviation*), выражается в тех же единицах, что и варианты совокупности, и часто оказывается более удобной характеристикой варьирования, чем дисперсия, размерность которой равна квадрату размерности изучаемого признака.

Дисперсия и среднее квадратическое отклонение – величины абсолютные, выражаемые в тех же единицах, что и характеризуемый ими признак. Поэтому, когда возникает необходимость сравнивать изменчивость признаков, выраженных разными единицами – высоты и массы, площадь листьев и содержание в них азота – приходится пользоваться относительными показателями вариации, одним из которых является **коэффициент вариации** –  $V$ , представляющий процентное отношение среднего квадратического отклонения к средней арифметической:

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%. \quad (39)$$

Коэффициент вариации является относительным показателем изменчивости. Использование его имеет смысл при изучении вариации признака, принимающего только положительные значения.

Изменчивость принято считать незначительной, если  $V$  не превышает 10%, средней, если  $V$  выше 10%, но менее 20%, и значительной, если коэффициент вариации более 20%.

Для характеристики степени выравненности материала иногда целесообразно использовать величину, дополняющую значение коэффициента вариации до 100. Этот показатель называют **коэффициентом выравненности** и определяют по равенству  $B = 100 - V$ .

Средние арифметические имеют ошибки, которые возникают в результате неполной представительности выборки. Эти ошибки свойственны только выборочному методу исследования и связаны с перенесением результатов, полученных при изучении выборки, на всю генеральную совокупность. **Ошибка выборочной средней** или **ошибка выборки**  $S_{\bar{x}}$  – является мерой отклонения выборочной средней  $\bar{x}$  от средней всей (генеральной) совокупности  $\mu$ .

Ошибка выборочной средней прямо пропорциональна выборочному стандартному отклонению  $S$  и обратно пропорциональна корню квадратному из числа измерений  $n$ , т.е.:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}}. \quad (40)$$

Ошибки выборки выражают в тех же единицах измерения, что и варьирующий признак и приписывают к соответствующим средним со знаком  $\pm$ , т.е.  $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ .

Ошибка выборки, выраженная в процентах – **относительная ошибка выборочной средней**  $S_{\bar{x}}\%$  – это отношение ошибки выборочной средней к соответствующей средней арифметической, выраженное в процентах:

$$S_{\bar{x}}\% = 100 \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}}. \quad (41)$$

Чем меньше относительная ошибка, тем выше точность средней арифметической. Точность принято считать высокой при  $S_{\bar{x}}\% < 3\%$ , средней – при  $S_{\bar{x}}\% = 3-6\%$  и низкой – при  $S_{\bar{x}}\% > 6\%$ . Если значения относительных ошибок полевых опытов выражается десятными и сотыми долями процентов, то следует говорить, либо о погрешности в расчетах, либо о недобросовестности исследования.

Формулы для вычисления статистических характеристик выборки при количественной изменчивости признака представлены в таблице 5:

где,  $X$  – обозначение отдельных значений признака в малых выборках и

групповые средние в больших выборках;

$X_1$  – преобразованные значения исходных дат;

$A$  – произвольное начало, условная средняя;

$f$  – частота;

$n$  – объем выборки;

$t$  – теоретическое значение критерия Стьюдента.

Таблица 5 – Формулы для вычисления статистических характеристик выборки при количественной изменчивости

Показатель	Малая выборка (несгруппированные данные)	Большая выборка (сгруппированные данные)
Средняя арифметическая	$\bar{x} = \frac{\sum X}{n} = A + \frac{\sum X_1}{n}$	$\bar{x} = \frac{\sum fX}{n} = A + \frac{\sum fX_1}{n}$
Дисперсия	$s^2 = \frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n-1} =$ $\frac{\sum X^2 - (\sum X)^2 : n}{n-1} =$ $\frac{\sum X_1^2 - (\sum X_1)^2 : n}{n-1}$	$s^2 = \frac{\sum f(-\bar{x})^2}{n-1} =$ $\frac{\sum fX^2 - (\sum fX)^2 : n}{n-1} =$ $\frac{\sum fX_1^2 - (\sum fX_1)^2 : n}{n-1}$
Стандартное отклонение	$s = \sqrt{x^2}$	$s = \sqrt{x^2}$
Коэффициент вариации	$V = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$	$V = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$

Ошибка средней	$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}}$	$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}}$
Относительная ошибка средней	$S_{\bar{x}} \% = 100 \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}}$	$S_{\bar{x}} \% = 100 \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}}$
Доверительный интервал для среднего значения	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$
Степень свободы	$n - 1$	$n - 1$

### Порядок выполнения работы

Таблица 6 – Способы вычисления сумм квадратов отклонений

Значение признака, $X$	От истинной средней, $\bar{x}$		По преобразованным датам		По исходным датам	
	$(X - \bar{x})$	$(X - \bar{x})^2$	$(X - A)$	$(X - A)^2$	$X$	$x^2$
35						
29						
32						
35						
51						
43						
$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$	$\Sigma =$

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}.$$

### Суммы квадратов отклонений

1. От выборочной средней:

$$\sum (X - \bar{x})^2.$$

2. По преобразованным датам:

$$\sum (X - \bar{x})^2 = \sum (X - A)^2 - \frac{[\sum (X - A)]^2}{n}.$$

3. По исходным датам:

$$\sum (X - \bar{x})^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}.$$

### Контрольные вопросы

1. Понятие биометрии и условия ее применения.
2. Виды изменчивости.
3. Статистические характеристики количественной изменчивости.
4. Способ определения сумм квадратов отклонений.
5. Что такое вариационный ряд, варианта, частота, вариация, объем выборки?



## Занятие 2 (10). Группировка и статистическая обработка данных при количественной изменчивости.

### Цели занятия:

1. научиться группировать данные вариационного ряда;
2. изучить распределение частот и его графическое изображение.

### Задания:

1. пользуясь рекомендуемой литературой и вводными пояснениями изучить материал по теме;

2. изучить и записать в рабочую тетрадь порядок группировки данных вариационного ряда;

3. в соответствии с индивидуальным заданием сгруппировать данные вариационного ряда, определить его статистические показатели по прилагаемой форме и начертить кривую распределения.

В каждом примере работы имеется 36 заданий, которые получаются в результате различного сочетания значений признака по колонкам матрицы. Получив номер примера и задания от преподавателя, выпишите соответствующие данные наблюдений в таблицу, сгруппируйте их, определите статистические показатели вариационного ряда и начертите кривую распределения.

Шифр задания к работе

№	Номера колонок	№	Номера колонок	№	Номера колонок
1	12345	13	25567	25	123410
2	234568	14	36789	26	234579
3	34567	15	478910	27	35789
4	45869	16	15678	28	568910
5	56789	17	27789	29	134579
6	136789	18	378910	30	45789
7	13456	19	126789	31	245689
8	24567	20	278910	32	268910
9	235678	21	123456	33	134579
10	46789	22	123447	34	345710
11	578910	23	12368	35	358910
12	145679	24	12349	36	158910

Пример № 1. Длина колоса пшеницы, см. (значение признака по колонкам)\*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6,0	7Д	7,3	8,3	6,9	7,9	6,1	8,4	6,6	6,2
7,3	6,7	7,4	8,4	7,5	7,4	9,9	8,1	7,9	8,4
6,9	7,2	6,9	9,0	7,4	7,8	8,2	9,0	6,7	8,4

6,5	7,2	8,4	7,5	8,0	7,1	8,1	7,9	9,8	7,6
8,3	7,8	8,5	8,1	8,4	7,6	6,9	7,4	6,9	7,0
7,7	7,8	7,0	7,6	6,9	8,6	9,1	6,0	8,0	10,2
8,8	6,9	7,1	7,5	6,9	7,4	9,0	7,8	7,5	7,4
8,1	10,0	6,9	7,8	7,0	7,7	9,6	9,0	6,4	9,0
6,3	7,8	7,0	9,2	6,8	8,0	8,2	9,3	7,8	7,5
6,0	8,5	8,3	7,6	9,4	-	8,9	9,0	-	7,5

Пример №2. Масса плодов томата, г.\*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
70	10	152	8	32	16	62	60	85	69
76	102	84	40	60	88	85	88	146	118
140	76	83	74	28	122	75	89	76	55
76	50	28	73	70	78	79	104	65	78
70	38	125	54	78	67	126	89	90	88
12	36	56	78	90	56	79	80	94	24
75	94	80	76	79	84	90	45	68	56
84	56	47	80	38	75	123	96	113	83
66	87	68	90	47	85	115	85	90	76
155	88	46	76	87	-	87	94	-	67

Пример №3. Содержание сахаров в плодах яблони, %.\*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11,0	12,1	12,7	13,2	11,8	12,9	11,1	13,5	11,5	11,0
12,3	11,7	12,4	13,2	12,2	12,5	14,9	13,0	11,8	13,5
11,8	12,5	11,7	13,8	12,7	12,6	12,2	13,4	12,3	11,9
11,5	12,5	13,6	12,8	11,9	11,8	12,5	12,7	11,4	12,4
12,9	12,7	11,8	14,1	12,8	11,7	12,4	12,2	11,0	12,3
13,6	12,5	12,7	11,9	13,6	12,7	12,7	11,4	10,8	14,2
11,4	12,5	13,4	12,5	12,3	13,2	11,4	10,8	14,0	-
11,3	13,5	13,3	12,6	14,1	13,9	-	12,6	-	13,3
12,6	14	13	12	13,8	12,1	11,8	12,6	12,7	12,0
12,6	12,9	14	11,6	15,2	-	-	12,5	-	12,4

### Вводные пояснения

Наблюдения над биологическими объектами проводятся одновременно по нескольким признакам, что позволяет собрать наиболее полные сведения о влиянии факторов на рост и развитие растительных организмов. Обширный цифровой материал нуждается в обработке, которая начинается с упорядочения собранных данных (соблюдая правило качественной однородности материала), систематизации выраженных цифрами фактов, с

тем, чтобы извлечь заключенную в них информацию. Процесс систематизации или упорядочения первичных биометрических данных в целях извлечения заключенной в них информации, обнаружения закономерности, которой следует изучаемое явление или процесс, называется группировкой.

**Группировка** – это не просто технический прием, а глубоко осмысленное действие, направленное на получение правдивой и полной информации об изучаемом объекте. Наиболее приемлемой формой группировки являются статистические таблицы, в которых приводятся общие итоги – в виде сумм при усредненных показателях, или в процентах от численности вариантов в группах и во всей группировке в целом, а также графики.

Рассмотрим порядок группировки на конкретном примере. Взяли 50 колосьев яровой пшеницы Харьковская 46, измерили их длину (в см): 5,8; 7,3; 10,1; 5,6; 7,2; 6,9; 7,2; 5,5; 9, 6; 4,2; 6,7; 6,7; 6,8; 7,1; 7,4; 7,2; 7,3; 6,0; 5,6; 7,8; 10,4; 8,5; 4,9; 4,8; 7,5; 6,8; 5,2; 8,1; 8,8; 8,9; 8,5; 9,2; 7,7; 6,8; 9,7; 9,1; 5,5; 4,9; 8,1; 8,5; 6,4; 6,9; 6,5; 6,1; 6,9; 7,5; 7,8; 9,2; 7,5; 4,4.

В таком виде ряд измерений объемом  $n = 50$  мало приспособлен, чтобы характеризовать колосья пшеницы по длине. Группировка осуществляется в такой последовательности:

1. Определяем число групп по формуле  $k = \sqrt{n} = \sqrt{50} \approx 7$ . Как правило, при  $n = 40-60$  берут 6-8 групп;

$n = 60-100$  – 7-10 групп;

$n > 100$  – 8-15 групп.

2. Вычисляют интервал групп (колосьев) по формуле:

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{k}. \quad (42)$$

3. Выделяют группы согласно интервалу группы  $i$ , вычисляют среднее значение групп и другие показатели вариационного ряда, записывая результаты в таблицу 7.

Таблица 7 – Рабочая таблица для обработки вариационного ряда

Группы, см	Среднее значение группы, $x$	Частота, $f$	Отклонения $X-A$	$f(X-A)$	$(X-A)^2$	$f(X-A)^2$
4,2-5,0	4,6	5	-2,7	-13,5	7,29	36,45
5,1-5,9	5,5	6	-1,8	-10,8	3,24	19,44
6,0-6,8	6,4	9	-0,9	-8,1	0,81	7,29
6,9-7,7	7,3	15	0	0	0	0
7,8-8,6	8,2	6	0,9	5,4	0,81	4,86
8,7-9,5	9,1	5	1,8	9	3,24	16,20
9,6-10,4	10,0	4	2,7	10,8	7,29	29,16
	$\sum f = n = 50$		$\sum f(X-A) = -7,2$		$\sum f(X-A)^2 = 113,40$	

Первая группа начинается наименьшим значением вариационного ряда –  $X_{\min} = 4,2$ .

Для определения верхней границы группы к значению нижней границы прибавляется величина  $i$ , уменьшенная на единицу в соразмерности (если числа вариационного ряда целые – то 1, с десятичными долями – 0,1, с сотыми – 0,01 и т.д.).

$$4,2+(i-1) = 4,2 + (0,9 - 0,1) = 4,2 + 0,8 = 5,0.$$

Для определения нижней границы следующей группы к значению нижней границы предыдущей группы прибавляют единицу в соразмерности –  $5,0 + 0,1 = 5,1$ .

Все значения вариационного ряда больше верхней границы последней группы относятся к последней группе.

После группировки получается короткий, легко обозримый вариационный ряд, позволяющий судить о характере изменчивости длины колосьев. Так, наиболее часто встречаются колосья длиной от 6,0 до 7,7 см.

Вычисляют среднее значение групп, одно из которых берется за произвольное начало ( $A$ ). Как правило, это среднее значение группы с наибольшей частотой. В нашем примере это 7,3.

Дальнейшие расчеты ведут по формулам:

– произвольный момент первой степени

$$b = \sum f(X-A) : n = -7,2 : 50 = -0,1; \quad (43)$$

– средняя арифметическая

$$\bar{x} = A + b = 7,3 + (-0,1) = 7,2; \quad (44)$$

– корректирующий фактор

$$C = \frac{[\sum f(X-A)]^2}{n} = \frac{-7,2^2}{50} = 1,04. \quad (45)$$

При определении дисперсии необходимо вводить поправку на произвольную величину  $A$ , вычитая из суммы произведения частот на квадрат отклонений – величину корректирующего фактора  $C$ :

– дисперсия

$$S = \frac{\sum f(X-A)^2}{n-1} = \frac{\sum f(X-A)^2 - C}{n-1} = \frac{113,40 - 1,04}{49} = 2,29; \quad (46)$$

– стандартное отклонение:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{2,29} = 1,51 \text{ см}; \quad (47)$$

– коэффициент вариации:

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 = \frac{1,51}{7,2} = 20,9\%; \quad (48)$$

– ошибка выборочной средней:

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{1,51}{\sqrt{50}} = 0,213 \text{ см}; \quad (49)$$

– относительная ошибка среднего арифметического:

$$S_x\% = \frac{S_x}{x} \times 100 = \frac{0,213}{7,2} \times 100 = 2,95\%. \quad (50)$$

Для наглядного выражения закономерности варьирования того или иного количественного признака вариационные ряды изображают в виде геометрических фигур в системе прямоугольных координат. Так, если соединить прямыми линиями геометрические точки, связывающие значения классов (откладываются по оси абсцисс) с их частотами (откладываются по оси ординат), получится линейный график, называемый вариационной кривой или кривой распределения.

При построении графика без интервального вариационного ряда – когда частоты распределяются непосредственно по ранжированным значениям варьирующего признака – по оси абсцисс откладывают значения классов, а по оси ординат – частоты. Соединяя вершины перпендикуляров прямыми линиями, получают геометрическую фигуру в виде многоугольника, называемую полигоном распределения частот (рис.16).

При построении графика интервального вариационного ряда – когда частоты распределяются по отдельным интервалам или промежуткам (от – до), на которые разбивается вариация признака в пределах от минимальной до максимальной варианты совокупности, по оси абсцисс откладываются границы интервалов. В результате получается столбиковая геометрическая фигура, называемая **гистограммой распределения частот**. Если из средних точек прямоугольников провести перпендикуляры на ось абсцисс, гистограмма превращается в полигон распределения.

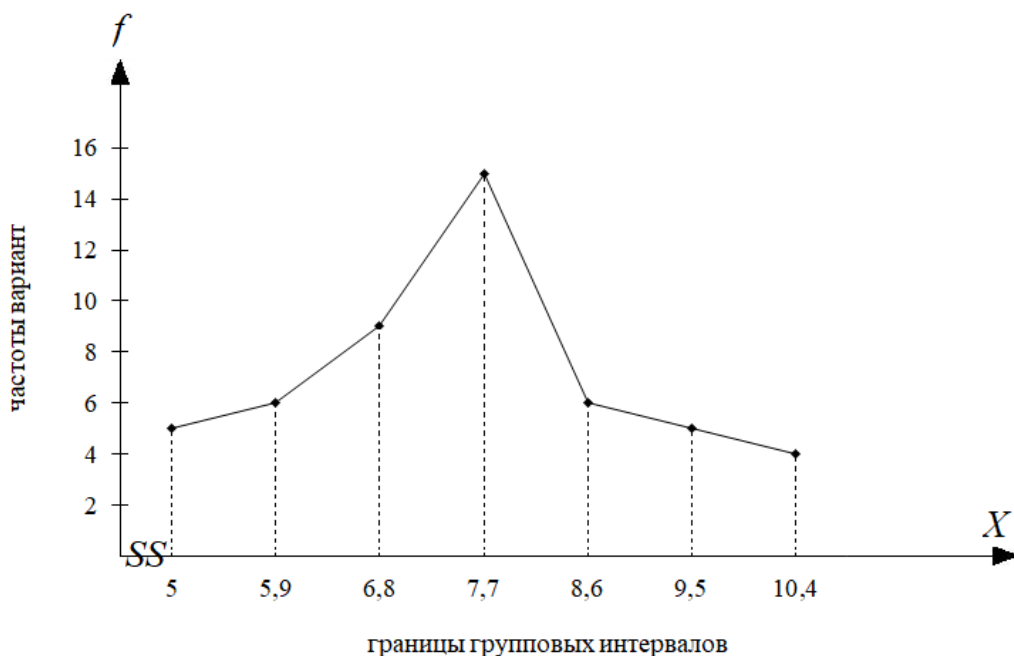


Рисунок 16– Полигон распределения длины колосьев яровой пшеницы

В нашем примере мы имеем как раз интервальный вариационный ряд, который изображен графически на рис. 17.

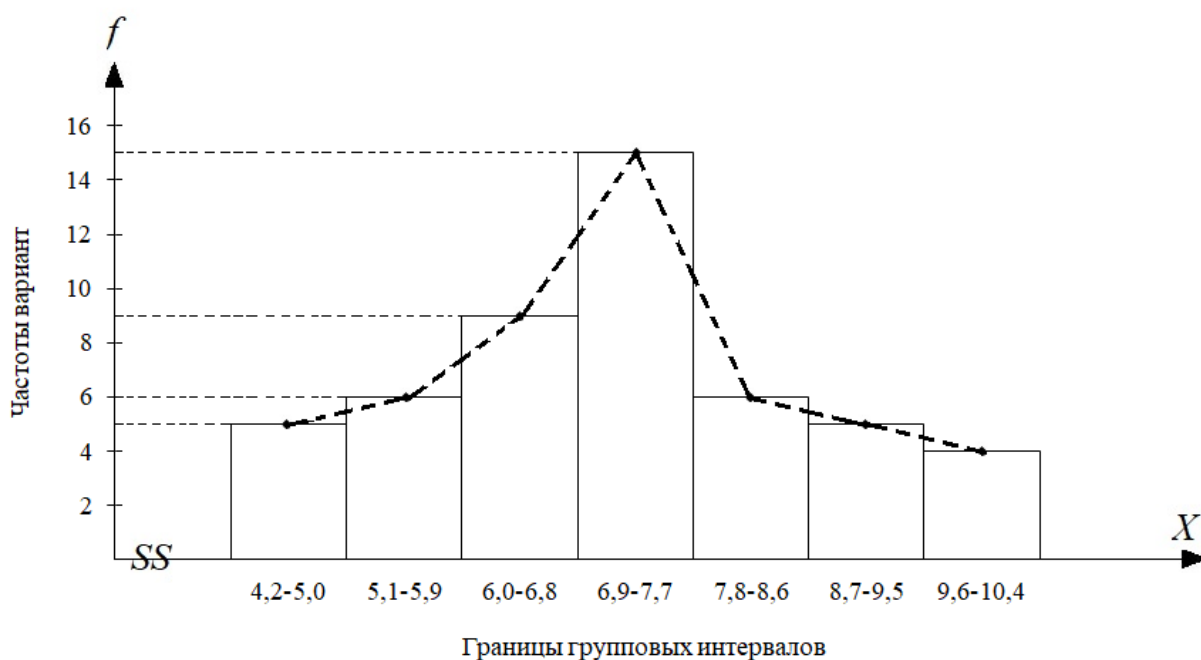


Рисунок 17– Гистограмма распределения длины колосьев яровой пшеницы

Проведенные расчеты и построение графического изображения вариационного ряда позволяют сделать следующие выводы:

1. Средняя арифметическая длина колоса – 7,2 см.
2.  $V = 20,9$ ; что свидетельствует о значительной вариации длины колосьев.
3. Значение относительной ошибки – 2,95% указывает на то, что средняя арифметическая вычислена с удовлетворительной точностью.
4. На графике гистограмма и кривая распределения имеют одну вершину, что свидетельствует об однородности выборки.

Анализ графического изображения показывает некоторые общие закономерности: случайные величины группируются вокруг центра распределения, при удалении от которого вправо и влево частоты их непрерывно убывают. Тенденция наблюдаемых значений признака группироваться вокруг центра распределения частот, статистической характеристикой которого является средняя арифметическая  $\bar{x}$ , называется **центральной тенденцией**.

Различают эмпирические и теоретические распределения частот совокупности результатов наблюдений.

**Эмпирическое распределение** – распределение результатов измерений, получаемых при изучении выборки, например, распределение растений по высоте и массе, распределение делянок дробного учета по урожаю и т.п. В основе эмпирического распределения лежат определенные математические закономерности, которые в генеральной совокупности, т.е. при очень большом числе наблюдений ( $n \rightarrow \infty$ ), характеризуются некоторыми теоретическими распределениями.

На основе **теоретических распределений** построены статистические критерии, которые используются для проверки некоторых гипотез. Наиболее часто в исследовательской работе опираются на нормальное распределение или специальные распределения, получаемые из нормального для определенно поставленной задачи при ограниченном числе степеней свободы ( $t$ ,  $F$ ,  $X^2$  – распределение, распределение Пуассона).

**Нормальным** или **гауссовым** называют распределение непрерывной случайной величины  $X$ , которое описывается следующей функцией:

$$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{X-\mu}{\sigma}\right)^2}, \quad (51)$$

где,  $Y$  – ордината кривой или вероятность;

$\mu$  – генеральная средняя;

$\sigma$  – стандартное отклонение генеральной совокупности ( $n \rightarrow \infty$ );

$\pi$  и  $e$  – константы ( $\pi = 3,14$ ;  $e = 2,72$ ).

Положение и форма кривой нормального распределения полностью определяются двумя параметрами: генеральной средней  $\mu$ , которая находится в центре распределения, и стандартным отклонением  $\sigma$ , которое измеряет вариацию отдельных наблюдений около средней. Максимум или центр нормального распределения линий в точке  $X = \mu$ ; точки перегиба кривой находятся при  $X_1 = \mu - \sigma$  и  $X_2 = \mu + \sigma$ .

При  $X \pm \infty$  кривая достигает нулевого значения (рис. 18).

Вид кривой полностью соответствует степени варьирования изучаемого признака, т.е. величине стандартного отклонения  $\sigma$ . Чем оно больше, тем, следовательно, больше варьирует изучаемый материал, более пологой становится вариационная кривая, при малых значениях  $\sigma$  она принимает иглообразную форму.

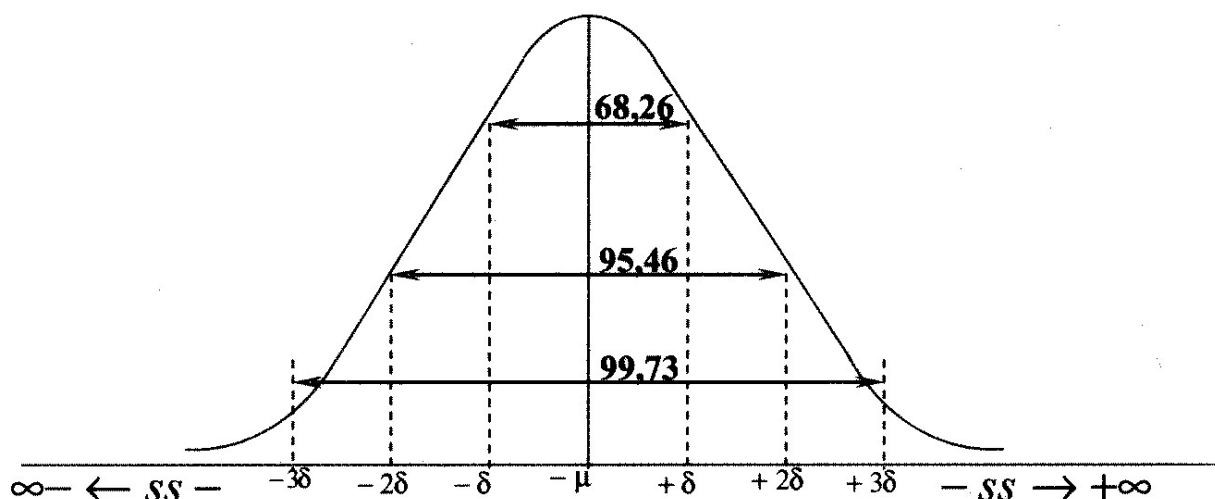


Рисунок 18– Процент наблюдений (площадь), ограниченный кривой нормального распределения

Размах колебаний от  $\mu$  вправо и влево зависит от величины  $\sigma$  и укладывается в пределах трех стандартных отклонений. Продолжение

кривой за пределами  $\mu \pm 3\sigma$  практически можно заметить при большом числе наблюдений и этими значениями ординат можно пренебречь.

Для нормального распределения характерны следующие закономерности:

- в области  $\mu \pm \sigma$  лежит 68,26% (почти две трети) всех наблюдений;
- внутри пределов  $\mu \pm 2\sigma$  находится 95,46% всех значений случайной величины;
- интервал  $\mu \pm 3\sigma$  охватывает 99,73%, практически все значения.

Площадь под кривой, отграниченную от среднего на  $t$  стандартных отклонений, выраженную в процентах всей площади называют **статистической надежностью** или **уровнем вероятности  $P$** , т.е. отношение числа случаев с данным событием  $n$  к числу всех возможных случаев  $N$  или вероятностью появления значения признака, лежащего в области  $\mu \pm t\sigma$ . Вероятность того, что значение варьирующего признака находится вне указанных пределов, называется **уровнем значимости**. Он указывает вероятность отклонения от установленных пределов варьирования случайной величины  $P_1 = 1 - P$ . Следовательно, чем больше уровень вероятности, тем меньше уровень значимости и наоборот.

В практике агрономических исследований считается возможным пользоваться вероятностями 0,95 – 95% и 0,99 – 99%, которым соответствует 0,05 – 5% и 0,01 – 1%-ный уровни значимости. Эти вероятности получили название доверительных вероятностей, т.е. таких значений, которым можно доверять и уверенно пользоваться ими. Принимая вероятность 0,95 = 95%, риск сделать ошибку составляет 0,05 – 5%. При вероятности 0,99 = 99% риск ошибиться равен 0,01 = 1%.

Выбор доверительной вероятности или уровня значимости для тех или иных исследований определяется практическими соображениями, ответственностью выводов и возможностей. Вероятность 95% и уровень значимости 5% обычно считается вполне приемлемыми в большинстве исследований.

Результаты различных наблюдений, полевых и вегетационных опытов чаще всего располагаются приблизительно в соответствии с симметричной кривой нормального распределения, когда частоты вариантов, равно отстоящих от средней, равны между собой, т.е. симметричны. Но нередко некоторые признаки растений дают распределения, значительно отличающиеся от нормального – **асимметричные** или **скошенные**.

Асимметрия может быть положительной или правосторонней, когда увеличиваются частоты правой части и отрицательной или левосторонней, когда увеличивается частоты левой части вариационной кривой.

Причинами асимметричных распределений может быть:

1. Неправильно взятая выборка, когда в нее вошло непропорционально много (или мало) представителей варианта с большим или меньшим их значением.



2. Действие определенных факторов, сдвигающих частоту варьирующего признака в ту или иную сторону от среднего значения.

Когда какие-либо причины благоприятствуют более частому появлению и средних, и крайних значений признака, образуются так называемые положительные эксцессивные распределения, имеющие вид острой пирамиды с расширенным основанием, или отрицательные эксцессивные распределения, когда в центре их не вершина, а впадина и вариационная кривая становится двухвершинной.

Многовершинные и двухвершинные кривые в большинстве случаев указывают, что в выборку попали представители нескольких совокупностей с различными средними, например, посеяна смесь сорте. В генетических работах двухвершинные и многовершинные кривые могут свидетельствовать о появлении объектов с новыми свойствами или признаками и указывать на результативность применяемого фактора.

### Выполнение работы

Пример\_\_\_\_, задание\_\_\_\_\_

Таблица 8 – Исходные расчеты

Номер колонок	Значение признака, X

**Решение:**

Число классов (групп)  $k =$

$$\text{Классовый интервал } i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{k} = \frac{R}{k} =$$

Таблица 9 – Расчеты по обработке вариационного ряда ( $A =$  )

Группа	Частота,	Среднее значение группы, X	Отклонения, X-A	$f(X-A)$	$(X-A)^2$	$f(X-A)^2$
Суммы $\sum f = n =$		–	$\sum f(X-A)$		$\sum f(X-A)^2$	

$$\bar{x} = A + \frac{\sum f(X - A)}{n} =$$

$$\sum (X - \bar{x})^2 = \sum f(X - A)^2 - \frac{[\sum f(X - A)]^2}{n} =$$

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

$$S = \sqrt{S^2} =$$

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 =$$

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$\bar{x} + t_{0.05} \times S_x =$$

$$\bar{x} - t_{0.05} \times S_x =$$

### Контрольные вопросы

1. Виды изменчивости. Порядок группировки.
2. Планирование объема выборки при количественной изменчивости.
3. Основные закономерности нормального распределения.
4. Доверительный 95% интервал для генеральной средней и всей совокупности.
5. Как делается вывод по графическому изображению вариационного ряда.

## Глава 7. Статистические методы проверки гипотез

### 7.1. Основные положения статистической проверки гипотез

Вопрос о статистической проверке гипотез – один из основных при применении математической статистики в научных исследованиях.

Практически проверка гипотез часто сводится к сравнению статистических характеристик, оценивающих параметры законов распределения, т.е. к проверке определенных статистических гипотез. Вообще статистической гипотезой называют научное предположение о тех или иных статистических законах распределения рассматриваемых случайных величин, которое может быть проверено на основе выборки. В большинстве случаев задача сводится к проверке гипотезы об отсутствии реального различия между фактическими и теоретически ожидаемыми наблюдениями. Эту гипотезу называют нулевой гипотезой и обозначают символом  $H_0$ .

Справедливость нулевой гипотезы проверяется вычислением статистических критериев проверки для определенного уровня значимости.

Если в результате проверки  $H_0$  различия между фактическими и гипотетическими показателями близки к нулю или находятся в области допустимых значений, то нулевая гипотеза не опровергается, а если различия оказываются в критической для данного статистического критерия области,

которые при нашей гипотезе невозможны, а потому несовместимы с ней, то опровергается.

Уровень значимости определяется конкретными задачами исследования; он характеризует, в какой мере мы рискуем ошибиться, отвергая или принимая нулевую гипотезу.

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

Параметрическими называют критерии, которые основаны на предположении, что распределение признака в совокупности подчиняется некоторому известному закону, например, закону нормального распределения. К таким критериям относятся, в частности, критерии  $t$  и  $F$ , применение которых требует вычисления оценок параметров распределения.

Непараметрическими называют критерии, использование которых не требует предварительного вычисления оценок неизвестных параметров распределения и даже приближенного значения закона распределения признака. Они могут применяться и тогда, когда распределение сильно отклоняется от нормального. С другой стороны, непараметрические критерии менее эффективны по сравнению с параметрическими, и поэтому их целесообразно использовать только в предварительных исследованиях.

## 7.2. Точечная и интервальные оценки параметров распределения

Статистические характеристики выборочной совокупности являются приближенными оценками неизвестных параметров генеральной совокупности. Оценка может быть представлена одним числом, точкой (точечная оценка) или некоторым интервалом (интервальная оценка), в котором с определенной вероятностью может находиться искомый параметр. Так, выборочная средняя  $\bar{x}$  является несмещенной и наиболее эффективной точечной оценкой генеральной средней  $\mu$ , а выборочная дисперсия  $S^2$  – несмещенной точечной оценкой генеральной дисперсии  $\sigma^2$ . Обозначая ошибку выборочной средней  $S_{\bar{x}}$ , точечную оценку генеральной средней можно записать в виде  $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ . Это означает, что  $\bar{x}$  оценка генеральной средней  $\mu$  с ошибкой равной  $S_{\bar{x}}$ .

Естественно, что точечные статистические оценки  $\bar{x}$  и  $S_{\bar{x}}$  не должны иметь систематической ошибки в сторону завышения или занижения оцениваемых параметров  $\mu$  и  $\sigma$ . Оценки, удовлетворяющие такому условию, называют несмещенными.

Интервальной называют оценку, которая характеризуется двумя числами – концами интервала, покрывающего оцениваемый параметр. Доверительным называют такой интервал, который с заданной вероятностью покрывает оцениваемый параметр. Центр такого интервала – выборочная оценка точки, а пределы, или доверительные границы, интервала определяются средней ошибкой оценки и уровнем вероятности. Таким

образом, интервальная оценка является дальнейшим развитием точечной оценки, которая при малом объеме выборки неэффективна.

В общем виде доверительный интервал для генеральной средней записывается так:

$$\bar{x} - tS_{\bar{x}} \leq \mu \leq \bar{x} + tS_{\bar{x}}, \quad (52)$$

или в более компактной форме:

$$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}. \quad (53)$$

Здесь,  $tS_{\bar{x}}$  – предельная ошибка выборочной средней при данном числе степеней свободы и принятом уровне значимости. Значение критерия Стьюдента для различных уровней значимости и числа степеней свободы можно взять из таблицы 1 приложений.

Интервальную оценку параметров распределения можно использовать для статистической проверки гипотез при сравнении выборочных средних.

Величина, указывающая границу предельным случайным отклонениям, называется *наименьшей существенной разностью*. Ее сокращенно обозначают НСР и определяют по соотношению:

$$\text{НСР} = tS_d. \quad (54)$$

Если фактическая разность между выборочными средними  $d \geq \text{НСР}$ , то  $H_0$  отвергается, а если  $d < \text{НСР}$  – не отвергается.

Наименьшая существенная разность широко используется при построении доверительных интервалов и проверке статистических гипотез. Доверительный интервал для разности генеральных средних определяется по соотношению:

$$d - \text{НСР} \leq D \leq d + \text{НСР} \text{ или } d \pm \text{НСР}. \quad (55)$$

По величине стандартного отклонения  $S$  оценивается интервал для отдельного значения  $X$  и всей совокупности:

$$X - tS \leq \mu \leq X + tS, \quad (56)$$

или в более компактном виде  $X \pm tS$ . Внутри этого интервала с 95%-ным или 99%-ным уровнем вероятности будут находиться значение генеральной средней  $\mu$  и все индивидуальные значения варьирующей величины.

Величину  $tS$  называют областью разброса индивидуальных значений.

Чтобы, по выборочной оценке, установить доверительный интервал для генеральной средней, надо знать среднюю ошибку этой оценки. Поэтому при вычислении любой выборочной оценки необходимо определять и её среднюю ошибку.

### 7.3. Оценка существенности разности выборочных средних по $t$ -критерию

При сравнении средних величин необходимо иметь в виду два случая:

1. сравниваются средние двух независимых выборок, когда единицы наблюдения первой выборки не связаны никаким общим условием с единицами наблюдения второй выборки;

2. сравниваются две сопряженные выборки, в которых единицы наблюдения первой выборки связаны (сопряжены) каким-то общим условием с единицами наблюдения второй выборки.

В первом случае по критерию Стьюдента оценивается существенность разности средних ( $d = x_1 - x_2$ ), а во втором существенность средней разности ( $d = \sum d : n$ ).

Оценка разности средних независимых выборок. В теории статистики доказывается, что ошибка разности или суммы средних арифметических независимых выборок при одинаковом числе наблюдений  $n_1 = n_2$  определяется соотношением:

$$S_d = \sqrt{S_{x_1}^2 + S_{x_2}^2}, \quad (57)$$

где,  $S_d$  – ошибка разности (или суммы);  $S_{x_1}^2$  и  $S_{x_2}^2$  – ошибки сравниваемых средних арифметических  $\bar{x}_1$  и  $\bar{x}_2$ .

Гарантией надежности вывода о существенности или несущественности различий между  $x_1$  и  $x_2$  служит отношение разности к её ошибке. Это отношение получило название критерия существенности разности:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S_{\bar{x}_1}^2 + S_{\bar{x}_2}^2}} = \frac{d}{S_d}. \quad (58)$$

Если  $t_{\text{факт}} \geq t_{\text{теор}}$ , нулевая гипотеза об отсутствии существенных различий между средними опровергается, а если  $t_{\text{факт}} < t_{\text{теор}}$ , различия находятся в пределах случайных колебаний для принятого уровня значимости и  $H_0: d = 0$  не опровергается.

Несущественная разность не утверждает, но и не отрицает, что между генеральными средними не существуют различия. Разность могла оказаться такой, во-первых, вследствие недостаточного объема выборок, тогда как повторное исследование на более многочисленном материале даст существенную разность; во-вторых, из-за того, что одинаковы генеральные средние сравниваемых совокупностей, поэтому повторные исследования на более обширном материале также дают неопределенный ответ, т.е. разность опять оказывается несущественной и нулевая гипотеза не опровергается.

Теоретические значения критерия  $t$  находят в таблице приложения 6 по числу степеней свободы и принятому уровню значимости. Число степеней свободы определяют по соотношению  $\nu = n_1 - n_2 - 2$ .

Проверить нулевую гипотезу можно также и по величине наименьшей существенной разности, которую выражают в единицах варьирующего признака. Когда разность между средними  $d \geq \text{НСР}$  и попадает в критическую область существенных различий, она признается значимой и  $H_0$  опровергается, а когда она лежит в области случайных колебаний ( $d < \text{НСР}$ ), то  $H_0$  не опровергается.

Оценка существенности средней разности (сопряженные выборки). Ошибку разности средних для сопряженных выборок вычисляют

разностным методом. Сущность его заключается в том, что оценивается не разность средних  $d = x_1 - x_2$ , а существенность средней разности  $\pm d$ , хотя арифметически это одна и та же величина.

Для нахождения  $s_d$  (ошибка разности) разностным методом вычисляют разности между сопряженными парами наблюдений  $d$ , определяют значение средней разности  $d = \sum d : n$  и ошибку средней разности формуле:

$$S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{(\sum d - \bar{d})^2}{n(n-1)}} \text{ или } S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{\sum d^2 - (\sum d)^2 : n}{n(n-1)}}. \quad (59)$$

Критерий существенности вычисляют по формуле:

$$t = \frac{d}{S_{\bar{d}}}. \quad (60)$$

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

Приемы определения существенности разности средних двух сопряженных рядов с помощью критерия  $t$  часто используются для сравнительной оценки методов анализа. Если два сравниваемых метода дают одинаковые результаты, то при достаточно большом числе измерений должна получиться средняя разность  $d = 0$ . При небольшом числе анализов  $d \neq 0$ , и поэтому всегда возникает необходимость в проверке нулевой гипотезы об отсутствии постоянного расхождения.

Оценка разности выборочных средних редких событий. Критерий существенности разности средних, подчиняющихся распределению Пуассона, определяют по формуле:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\bar{x}_1 + \bar{x}_2}}, \quad (61)$$

где  $x_1$  и  $x_2$  – непосредственно подсчитанное число редких событий в сравниваемых больших совокупностях.

Оценка разности между выборочными долями. Оценку существенности разности между долями при качественной изменчивости проводят так же, как и при количественной изменчивости, т.е. по критерию  $t$ :

$$t = \frac{d}{S_d} = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{S_{p_1}^2 + S_{p_2}^2}}, \quad (62)$$

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

Эта формула для определения критерия существенности разности между выборочными долями вполне применима, если сравниваются две совокупности с равным объемом выборки, т.е. при  $n_1 = n_2$ .

Часто, однако, две сравниваемые группы объектов имеют разные объемы, т.е.  $n_1 \neq n_2$ , или индивидуальные ошибки долей не вычисляли. В этих случаях ошибку разности определяют по формуле:

$$S_d = \sqrt{\frac{p_1 q_1}{n_1} + \frac{p_2 q_2}{n_2}}. \quad (63)$$

#### 7.4. Проверка гипотезы о принадлежности «сомнительной» варианты к совокупности

Часто встречаются случаи, когда выборочная совокупность содержит даты, значения которых сильно отличаются от основной массы наблюдений. У исследователя возникает мысль, что цифры нетипичны, и появляется желание исключить их из таблицы. После того как данные уже получены, о них трудно сказать определенно: грубо ошибочны они или просто имеют большую, но вероятную случайную ошибку. Поэтому применяемая иногда в практике браковка сомнительных дат на глаз бывает субъективной и совершенно недопустима. Отбрасывать, браковать даты независимо от их значения можно только тогда, когда есть прямые доказательства того, что условия их получения противоречат сущности эксперимента или являются результатом грубой ошибки. Во всех других случаях «подозрительная» дата может быть забракована только путем статистической проверки, когда гипотеза о принадлежности варианты к данной совокупности будет отброшена и доказано, что она получена в каких-то особых условиях, резко отличающихся от условий всех остальных вариантов.

Гипотезу о принадлежности «сомнительных», наиболее уклоняющихся (крайних) вариант  $X_1$  и  $X_n$  к данной совокупности малых выборок проверяют по критерию  $\tau$  (греч. тау). Фактическое значение критерия, представляющее собой отношение разности между сомнительной и соседней с ней датой к размаху варьирования, сравнивают с теоретическим на 5%-ном или 1%-ном уровне значимости.

Если  $\tau_{\text{факт}} \geq \tau_{\text{теор}}$ , то варианта отбрасывается, если  $\tau_{\text{факт}} < \tau_{\text{теор}}$ , то варианта оставляется и нулевая гипотеза о принадлежности её к данной совокупности не отвергается.

Чтобы рассчитать фактическое значение критерия  $\tau$ , варианты располагают в порядке возрастания:  $X_1, X_2, X_{n-1}, X_n$ .

Сомнительными обычно бывают одни или оба крайних члена ряда, т.е.  $X_1$  и  $X_n$ , а не вызывающие сомнения ближайшие и ним варианты  $X_2$  и  $X_{n-1}$ , с которыми и сравниваются  $X_1$  и  $X_n$ .

Критерий  $\tau$  вычисляют по отношениям:

$$\text{для } X_1 \tau = \frac{X_2 - X_1}{X_{n-1} - X_1} \text{ и для } X_n \tau = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_2}. \quad (64)$$

В этих формулах разности  $X_{n-1} - X_1$  и  $X_n - X_2$  характеризуют размах варьирования вариационного ряда без крайних значений, которые сомнительны, и, следовательно, нецелесообразно связывать с ними оценку значимости отклонения  $X_1$  с сомнительной датой  $X_n$ , а  $X_n$  – с сомнительной величиной  $X_1$ .

Проверку нулевой гипотезы о принадлежности сомнительных дат к изучаемому ряду часто проводят вычислением доверительного интервала для всей совокупности и определением её вероятности нахождения сомнительной даты  $X$  в пределах  $\pm 2s$  (для больших выборок вероятность

95%) или  $x \pm 3s$  (уровень вероятности 99%). Если  $X$  выходит за пределы  $\pm 2s$ , то нулевая гипотеза отвергается на 5%-ном уровне, а если  $X$  выходит за пределы утроенного стандартного отклонения, т.е.  $\pm 3s$ , -на 1%-ном уровне значимости и дата бракуется.

Для малых выборок ( $n < 30$ ) проверка осуществляется по соотношению  $x \pm ts$ . Значение критерия  $t$  берут из таблицы 1 приложений для принятого уровня значимости и числа степеней свободы  $n - 1$ , а стандартное отклонение вычисляют по всем фактическим датам.

При ориентировочных расчетах значение  $s$  можно определить по формуле  $s = k (X_{\text{макс}} - X_{\text{мин}})$ .

Необходимо отметить, что выключение сомнительных дат очень опасно и прибегать к этому следует лишь в исключительных случаях. Проведение любой стадии эксперимента на высоком уровне, тщательная организация труда и некоторое предвидение трудностей, которые могут возникнуть в опытной работе, позволяют избежать грубых ошибок.

### **7.5. Оценка соответствия между наблюдаемыми и ожидаемыми (теоретическими) распределениями по критерию $\chi^2$ (хи-квадрат Пирсона)**

Критерий  $\chi^2$  применяется в тех случаях, когда необходимо определить соответствие двух сравниваемых рядов распределения – эмпирического и теоретического или двух эмпирических. Особенно широко критерий соответствия используется в генетическом анализе, когда необходимо убедиться в том, является ли обнаруженное отклонение от теоретически ожидаемого расщепления (1:1; 3:1; 9:3:4; 9:3:3:1 и т.д.) отклонением закономерным или оно лежит в пределах возможных случайных колебаний. Если обозначить теоретически ожидаемые показатели для группы объектов через  $F_1, F_2, \dots, F_n$ , а опытные, эмпирически полученные, через  $f_1, f_2, \dots, f_n$ , то отклонения фактических данных от теоретических будут равны  $f_1 - F_1; f_2 - F_2, \dots, f_n - F_n$ . Общей мерой отклонения фактических данных от теоретических, т.е. критерия соответствия  $\chi^2$ , будет сумма отношений квадратов разностей между частотами эмпирического и теоретического распределений к частотам теоретического распределения для данной группы.

$$\chi^2 = \frac{(f_1 - F_1)^2}{F_1} + \frac{(f_2 - F_2)^2}{F_2} + \dots + \frac{(f_n - F_n)^2}{F_n} = \sum \frac{(f - F)^2}{F}. \quad (65)$$

где  $f_1, f_2, \dots, f_n$  – фактические частоты;  $F_1, F_2, \dots, F_n$  – ожидаемые, теоретически вычисленные частоты.

Критерий  $\chi^2$  используется при изучении качественных признаков для оценки соответствия эмпирических данных определенной теоретической предпосылке, нулевой гипотезе ( $H_0$ ). Гипотеза отвергается, если  $\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{\text{теор}}$  и не отвергается если  $\chi^2_{\text{факт}} < \chi^2_{\text{теор}}$ .

Когда фактические и теоретические ожидаемые частоты полностью совпадают,  $\chi^2 = 0$ , а если совпадение неполное, то  $\chi^2$  будет отличен от нуля и



тем больше, чем больше расхождение между теоретическими и эмпирическими частотами. Предельные значения  $\chi^2$ , при которых нулевая гипотеза принимается, даны в таблице приложения 7. В наиболее типичных случаях применение критерия соответствия числу степеней свободы определяется по формуле  $(c - 1) \times (k - 1)$ , где  $c$  – число строк и  $k$  – число колонок в аналитической таблице.

Критерий  $\chi^2$  широко используется в генетическом анализе соответствия расщепления гибридов теоретически ожидаемому, для оценки независимости (или сопряженности) в распределении объектов совокупности, определения степени соответствия фактического распределения изучаемого признака нормальному и оценки соответствия двух эмпирических распределений.

Применение критерия  $\chi^2$  требует известной осторожности. В формулу  $\chi^2$  должны подставляться только частоты, а не величины, полученные измерением, взвешиванием и т.д. При проверке гипотезы о соответствии эмпирических распределений нормальному, желательно иметь не менее 50 наблюдений, а в каждой теоретически рассчитанной группе не менее пяти наблюдений (при менее строгом подходе за минимум принимают три наблюдения). Поэтому если крайние группы в ряду распределения малочисленны, их необходимо объединить. Число степеней свободы для  $\chi^2_{\text{теор}}$  при определении соответствия распределений нормальному закону равно числу групп без трех ( $k - 3$ ), так как вычисления теоретических частот связаны здесь тремя условиями, определяющими нормальное распределение, а именно: объемом выборки  $n$ , средним значением признака  $x$  и дисперсией  $S^2$ , по которым строилось теоретическое нормальное распределение.

### **7.6. Оценка различий между дисперсиями по критерию $F$ Фишера**

Существенность различий в степени вариации признаков оценивают при помощи критерия  $F$ .

Если  $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$ , то между сравниваемыми дисперсиями имеются существенные различия, когда  $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$  – различия несущественны и нулевая гипотеза о равенстве сравниваемых дисперсий не отвергается. Так как числителем всегда берется большая дисперсия, то критерий  $F$  равен единице или больше её. Теоретическое значение критерия  $F$  для принятого в исследовании уровня значимости находят по таблицам 2-3 приложений с учетом числа степеней свободы сравниваемых дисперсий.

На сравнении дисперсий построен важный статистический метод, получивший название дисперсионного анализа, основы которого мы рассмотрим позже.

## Практические занятия по теме главы

### Занятие 1 (11). Оценка существенности разности средних независимых сопряженных выборок по $t$ -критерию. Оценка разности между выборочными долями

#### Цели занятия:

1. познакомиться со статистическими методами проверки гипотез;
2. освоить методику оценки существенности разности интервальным методом, по критерию существенности и по величине наименьшей существенной разности (НСР);
3. познакомиться с вычислением статистических характеристик при изучении качественных признаков.

#### Задания:

1. изучить статистические методы проверки гипотез;
2. в соответствии с номером задания вычислить статистические характеристики для каждой выборки. Определить существенность разности между средними и сделать вывод;
3. в соответствии с номером задания рассчитать статистические показатели качественной изменчивости, определить, существенны ли разности между выборочными долями и сделать вывод;
4. определить статистические характеристики выборочной совокупности.

#### Шифр задания к работе

№	колонки	№	колонки	№	колонки	№	колонки	№	колонки
1	16	6	26	11	36	16	49	21	57
2	17	7	27	12	37	17	310	22	58
3	18	8	28	13	38	18	46	23	59
4	19	9	29	14	39	19	410	24	510
5	110	10	210	15	47	20	56	25	48

Пример 1. В опыте провели оценку качества посева ячменя по глубине посева при вспашке на 20 см (вариант №1) и при фрезеровании на 8 -10 см (вариант №2). Результаты замеров оказались следующими:

Вариант №1					Вариант №2				
номера колонок					номера колонок				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.0	5.7	4.3	4.4	2.9	5.4	5.6	3.8	4.7	4.9
5.3	4.5	7.4	2.3	5.6	4.9	4.6	6.0	5.8	5.6
5.6	3.7	4.3	5.6	7.4	5.3	4.6	5.4	6.5	3.9
4.4	1.3	3.7	5.8	5.6	5.4	6.1	3.9	5.0	4.3
2.5	3.5	4.8	5.9	4.8	4.7	5.4	5.8	4.8	6.3
5.3	5.6	2.1	6.8	4.7	5.3	4.8	4.8	3.9	5.5
7.7	6.9	5.6	4.8	5.0	5.2	4.3	5.7	6.3	5.7

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

Пример 2. Содержание сахаров (%) в плодах яблоны у сорта Спартак (вариант № 1), и сорта Жигулёвское (вариант №2) составило:

Вариант №1					Вариант №2				
номера колонок					номера колонок				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18,6	17,4	20,2	18,0	19,4	17,8	16,5	18,5	18,0	18,4
19,4	18,4	21	19,8	18,8	16,6	19,2	15,6	16,4	16,7
16,9	20,3	18,1	19,1	17,4	17,0	19,5	16,4	16,8	17,3
20	18,4	19,7	17,3	20,4	15,6	16,5	16,8	17,0	17,5
17,9	18,6	17,6	20,0	16,5	16,0	15,9	17,5	16,5	17,5
18,3	19,5	18,4	17,5	19,9	17,0	17,3	15,8	16,8	15,7

Продолжение примера 2

Вариант №1					Вариант №2				
номера колонок					номера колонок				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18,4	19,5	19	21,1	19,0	17,1	15,6	15,3	18,5	15,9
18,4	19	19,7	20,0	19,6	16,4	15,9	18,5	18,4	18,0
21,1	18,8	19,5	20,3	17,4	19,3	17,4	16,4	15,9	18,5
18	19,4	20,1	18,4	19,4	16,7	17,9	19,0	16,8	17,4

Пример 3. Процент гибели свекловичной тли при обработке инсектицидом (вариант №1) и без обработки (вариант №2) составил:

Вариант №1					Вариант №2				
номера колонок					номера колонок				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
95	78	89	96	87	76	78	89	56	67
67	78	90	89	94	67	58	79	76	57
70	89	96	95	86	68	59	73	69	75
69	68	85	82	76	75	64	82	48	82
77	85	82	70	81	69	66	75	44	57
79	87	69	98	87	65	45	67	70	75
70	87	78	79	69	56	60	59	64	45
83	86	87	80	79	67	64	54	50	60
92	94	95	76	82	65	67	49	65	67
90	78	80	69	64	53	57	70	46	40

### Вводные пояснения

При проведении исследования возникает необходимость использовать выборочное наблюдение для суждения о законе распределения совокупности,

для решения вопроса о существенности разности между выборочными средними, для установления принадлежности варианты к данной совокупности и соответствия между фактическими и теоретическими распределениями частот необходимо знать и правильно применять статистические методы или критерии проверки гипотез. **Критерий** – это показатель, позволяющий судить о надежности выводов, подтверждающих или опровергающих **статистическую гипотезу**. Научное предположение о тех или иных статистических законах распределения рассматриваемых случайных величин, которое может быть проверено на основе выборки. В большинстве случаев пользуются **нулевой гипотезой** –  $H_0$ . Нулевая гипотеза – предположение об отсутствии реального различия между фактическими и теоретическими ожидаемыми наблюдениями. Например, различия между средними значениями вариантов по урожаю, его качеству, высоте растений и т.д. Для двух средних арифметических  $\bar{x}_1$  и  $\bar{x}_2$  нулевую гипотезу записывают следующим образом:  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0$ .

Если в результате проверки  $H_0$  различия между фактическими и теоретическими показателями близки к нулю или находятся в области допустимых значений, то нулевая гипотеза не опровергается, а если различия оказываются в критической для данного статистического критерия области, которые при нашей гипотезе невозможны, нулевая гипотеза опровергается. Принятие нулевой гипотезы означает, что данные наблюдения не противоречат предположению об отсутствии различий между фактическими и теоретическими значениями, но не доказывают отсутствия такого различия. Отбрасывание гипотезы означает, что эмпирические данные несовместимы с нулевой гипотезой, а верна другая, альтернативная гипотеза.

Справедливость нулевой гипотезы проверяется вычислением статистических критериев проверки для определенного уровня значимости: 0,05 – 5% или 0,01 – 1%.

Для проверки статистических гипотез, в том числе нулевой гипотезы, используют параметрические и непараметрические критерии **достоверности**, которые отдельные специалисты по математической статистике называют критериями **существенности**.

**Параметрическими** критериями достоверности называют критерии, которые основаны на предположении, что распределение признака в совокупности подчиняется закону нормального распределения. К таким критериям относятся критерии  $t$  и  $F_1$ , применение которых требует вычисления оценок параметров распределения.

**Критерий достоверности Стьюдента** –  $t$  – прямо пропорционален разности средних арифметических ( $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ ) или разности между долями ( $P_1 - P_2$ ) и обратно пропорционален ошибке разности ( $S_d$ ):

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{S_d}. \quad (66)$$

Расчетное фактическое значение критерия Стьюдента сравнивают с теоретическими значениями на определенных уровнях значимости (см. приложение 1), и делают вывод об опровержении или подтверждении нулевой гипотезы о существенности различий.

**Критерий достоверности Фишера** –  $F$  – прямо пропорционален дисперсии вариантов ( $S_{cv}^2$ ) и обратно пропорционален дисперсии остатка ( $S_{cz}^2$ ):

$$F = \frac{S_{cv}^2}{S_{cz}^2}. \quad (67)$$

Теоретическое значение  $F$  для 5% и 1% уровней значимости даны в приложении 2.

Не все выборки из биологических объектов распределяются нормально, поэтому для проверки нулевых гипотез используют параметрические критерии:  $\chi^2$  – критерий,  $T$  – критерий и критерий знаков –  $Z$ , использование которых не требует предварительного вычисления оценок неизвестных параметров распределения и поэтому их целесообразно использовать только в предварительных исследованиях.

Статистические характеристики выборочной совокупности являются приближенными оценками неизвестных параметров генеральной совокупности. Оценка может быть представлена одним числом, точкой (точечная оценка) или некоторым интервалом (интервальная оценка), в котором с определенной вероятностью может находиться искомый параметр.

Так, выборочная средняя  $\bar{x}$  является наиболее эффективной точечной оценкой генеральной средней  $\mu$ , а выборочная дисперсия  $S^2$  – точечной оценкой генеральной дисперсии  $\sigma^2$ . Обозначая ошибку выборочной средней  $S_{\bar{x}}$ , точечную оценку генеральной средней можно записать в виде  $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ . Это означает, что  $\bar{x}$  оценка генеральной средней  $\mu$  с ошибкой, равной  $S_{\bar{x}}$ .

Интервальной называют оценку, которая характеризуется двумя числами – концами интервала, покрывающего оцениваемый параметр. **Доверительным** называют **интервал**, который с заданной вероятностью покрывает оцениваемый параметр. Центр такого интервала – выборочная оценка точки, а пределы или доверительные границы интервала определяются средней ошибкой опыта и уровнем вероятности. Таким образом, интервальная оценка является дальнейшим развитием точечной оценки, которая при малом объеме выборки неэффективна. В общем виде доверительный интервал для генеральной средней записывается так:

$$\bar{x} - tS_{\bar{x}} \leq \mu \leq \bar{x} + tS_{\bar{x}}, \quad (68)$$

где,  $tS_{\bar{x}}$  – предельная ошибка выборочной средней при данном числе степеней свободы и принятом уровне значимости.

Крайние точки интервала – начало  $\bar{x} - tS_{\bar{x}}$  и конец  $\bar{x} + tS_{\bar{x}}$  – называют доверительными границами.

Величина, указывающая границу предельным случайным отклонениям, называется **наименьшей существенной разностью** –  $HCP$  и определяется по соотношению  $HCP = tS_d$ . Если фактическая разность между выборочными средними  $d \geq HCP$ , то  $H_0$  (нулевая гипотеза) отвергается, а если  $d < HCP$  – не отвергается.

Наименьшая существенная разность широко используется при построении доверительных интервалов и проверке статистических гипотез.

Доверительный интервал для разности генеральных средних определяется по соотношению:

$$d - HCP < D < d + HCP \text{ или } d \pm HCP, \quad (69)$$

где,  $HCP = tS_d$  – предельная ошибка разности выборочных средних при данном числе степеней свободы и принятом уровне значимости. По величине стандартного отклонения  $S$  оценивается интервал для отдельного значения  $x$  и всей совокупности:

$$\bar{x} - ts \leq \mu \leq \bar{x} + ts \text{ или } \bar{x} \pm ts. \quad (70)$$

Чтобы, по выборочной оценке, установить доверительный интервал для генеральной средней, надо знать среднюю ошибку этой оценки. Поэтому при вычислении любой выборочной оценки необходимо определять и ее среднюю ошибку. Формулы средних ошибок для некоторых выборочных характеристик приведены в таблице 10.

При сравнении средних необходимо учитывать два случая:

1. сравниваются средние двух независимых выборок, когда единицы наблюдения первой выборки не связаны никаким общим условием с единицами наблюдения второй выборки;

2. сравниваются две сопряженные выборки, в которых единицы наблюдения первой выборки связаны (сопряжены) каким-то общим условием с единицами наблюдения второй выборки.

Таблица 10 – Формулы средних ошибок выборочных оценок

Вид выборочной оценки	Средняя ошибка выборочной оценки
Средняя выборочная – $\bar{x}$	$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}}$
Доля признака – $p$	$S_p = \sqrt{\frac{pq}{n}}$
Стандартное отклонение – $s$	$S_s = \frac{S}{\sqrt{2n}}$
Коэффициент вариации – $V$	$S_v = \frac{V}{\sqrt{2n}}$
Разность между выборочными средними – $d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$	$S_d = \sqrt{S_{\bar{x}_1}^2 + S_{\bar{x}_2}^2}$
Разность между выборочными долями $d = p_1 - p_2$	$S_{d_p} = \sqrt{S_{p_1}^2 + S_{p_2}^2}$
Коэффициент линейной корреляции при малых – $r$	$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-1}}$
Коэффициент линейной регрессии – $b_{xy}$	$S_b = S_r \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{\sum (x - \bar{x})^2}}$

В первом случае по критерию Стьюдента –  $t$  – оценивается существенность разности средних ( $d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$ ), а во втором – существенность средней разности ( $d = \sum d : n$ ).

При оценке разности средних независимых выборок ошибка разности или суммы средних арифметических независимых выборок при одинаковом числе наблюдений  $n_1 = n_2$  определяется соотношением:

$$S_d = \sqrt{S_{x_1}^2 + S_{x_2}^2}, \quad (71)$$

где,  $S_d$  – ошибка разности;

$S_{x_1}^2$  и  $S_{x_2}^2$  – 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 разности к ее ошибке. Это отношение получило название **критерия существенности разности**:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S_{x_1}^2 + S_{x_2}^2}} = \frac{d}{S_d}. \quad (72)$$

Если  $t_{факт} \geq t_{теор}$ , нулевая гипотеза об отсутствии существенных различий между средними опровергается, а если  $t_{факт} \leq t_{теор}$ , различия находятся в пределах случайных колебаний для принятого уровня значимости и  $H_0 : d = 0$  не отвергается.

Несущественная разность не утверждает, но и не отрицает, что между генеральными средними не существует различия. Несущественная разность могла оказаться такой вследствие недостаточного объема выборок, тогда как повторное исследование на более многочисленном материале дает существенную разность или из-за того, что одинаковы генеральные средние сравниваемых совокупностей и повторные исследования на более обширном материале опять не опровергают нулевую гипотезу.

Как мы уже отмечали, теоретические значения критерия  $t$  находят по приложению 1 по числу степеней свободы и уровню значимости.

Проверить нулевую гипотезу можно также и по величине наименьшей существенной разности, которую выражают в единицах варьирующего признака. Когда разность между средними  $d \geq \text{НСР}$  и попадает в критическую область существенных различий, она признается значимой и  $H_0$  опровергается, а когда она лежит в области случайных колебаний ( $d < \text{НСР}$ ), то  $H_0$  не опровергается.

При оценке существенности средней разности для сопряженных выборок ошибку разности средних вычисляют разностным методом, суть которого заключается в том, что оценивается не разность средних  $d = x_1 - x_2$ , существенность средней разности  $\pm d$ , хотя арифметически это одна и та же величина.

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

$$S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{(\sum d - \bar{d})^2}{n(n-1)}} \text{ или } S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{\sum d^2 - (\sum d)^2 : n}{n(n-1)}}. \quad (73)$$

Критерий существенности вычисляют по формуле:

$$t = \frac{d}{S_{\bar{d}}}. \quad (74)$$

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

Общую оценку достоверности различий между средними арифметическими опыта позволяет дать соотношение дисперсии вариантов и дисперсии ошибки, то есть критерий Фишера –  $F$ .

Расчетный фактический критерий  $F_{\text{факт}}$  сравнивают с теоретическим  $F_{\text{теор}}$ , который находят по приложению 8.

2. Если  $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$ , то достоверность различий в опыте доказана, т.е. имеется одна или несколько пар вариантов, средние арифметические которых достоверно различаются. Если  $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$ , то достоверных различий между вариантами нет. Бывают случаи, когда  $F_{\text{факт}}$  лишь несколько меньше  $F_{\text{теор}}$ . Строго следуя правилу, изложенному выше, можно сделать вывод об отсутствии достоверных различий в опыте. Однако, если мы продолжим анализ, то хотя бы в одном - двух вариантах мы можем найти эти различия. В подобных случаях, не ограничиваясь расчетом критерия  $F$ , следует продолжить вычисления до наименьшей существенной разности –  $HCP$  и с этим показателем сравнивают разницу между парами вариантов ( $d = x_1 - x_2$ ). Если  $d \geq HCP$ , то разницу между анализируемыми вариантами считают доказанной. Доказательства чаще всего ведут на уровнях доверительной вероятности  $P_{0,95}$  и  $P_{0,99}$ .

В биологических и агрономических исследованиях часто приходится иметь дело с качественной изменчивостью признаков: разная форма и окраска семян и плодов, расщепление гибридов и т.д., при этом вместо измерения какого-либо показателя, как при количественной изменчивости, так и при качественной, подсчитывают число объектов с тем или иным признаком: число подмерзших растений, число поврежденных и здоровых растений и тому подобное.

Основными статистическими показателями качественной изменчивости являются: доля признака, показатель изменчивости, коэффициент вариации и ошибка выборочной доли.

**Доля признака** – это отношение объектов с данным признаком к общему числу объектов, обозначается через  $P_1, P_2, P_n$ , и может быть выражена в частях единицы или в процентах, т.е. сумма всех долей в пределах данной совокупности или ряда распределения равна единице или 100%. Другими словами, доля признака показывает вероятность появления данного признака в данной совокупности:

$$P_1 = \frac{n_1}{n}; P_2 = \frac{n_2}{n}; P_3 = \frac{n_3}{n} \text{ и т.д.}, \quad (75)$$

где,  $n_1, n_2, n_3$  и т.д. – численность каждого из членов ряда;  
 $n$  – численность совокупности.



**Показатель изменчивости качественного признака** –  $S$  – для альтернативной изменчивости, т.е. когда изучаемый объект имеет две градации: плоды томата красные и зеленые, растения здоровые и больные, рассчитывают по формуле:

$$S = \sqrt{pq}, \quad (76)$$

где,  $p$  и  $q$  – доли признака, выраженные в частях единицы или процентах. Например, показатель изменчивости при  $p = 0,20$  и  $q = 0,80$  будет равна:

$$S = \sqrt{p \times q} = \sqrt{0,20 \times 0,80} = 0,30 \text{ или } 30\%.$$

Если изучаемый объект имеет более двух градаций, например, в выборке есть породы томата зеленые, бурые, спелые и перезревшие, то показатель изменчивости вычисляют по формуле:

$$S = \sqrt[k]{p_1 p_2 \dots p_k}, \quad (77)$$

где,  $p_1 p_2 \dots p_k$  – доли признака от общего объема выборки;  
 $k$  – число градаций признака.

Максимальная изменчивость наблюдается при  $p = q = 0,5$ . При этом показатель  $S$  изменчивости также равен.

**Коэффициент вариации** – отношение показателя изменчивости к его максимальному значению, выраженное в процентах:

$$V_p = \frac{S}{S_{\max}} \times 100. \quad (78)$$

Коэффициент вариации характеризует относительную изменчивость изучаемых признаков и широко используется для сравнительной оценки выравненности различных совокупностей.

**Ошибка выборочной доли** – это мера отклонения от доли наличия признака, которую для альтернативной изменчивости вычисляют по формуле:

$$S_p = \sqrt{\frac{pq}{n}}. \quad (79)$$

Если градаций больше двух, то ошибку выборочной доли вычисляют по формуле:

$$S_p = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (80)$$

где,  $S$  – показатель изменчивости;  
 $n$  – объем выборки.

Сводные статистические характеристики вычисляют по формулам таблицы 11, в которой  $p_1 p_2 \dots p_k$  и  $q$  обозначают доли признака в совокупности;  $n_1 n_2 \dots n_k$  – численность группы;  $n$  – объём выборки;  $k$  – число градаций признака;  $t_{05}$  – теоретическое значение критерия Стьюдента.

Вычисления свободных характеристик выборки при качественной изменчивости складывается из распределения исходных наблюдений по группам (классам), определения среднего значения доли, изменчивости признака и доверительного интервала, в пределах которого находится значение доли в генеральной совокупности.

При вычислении коэффициента вариации следует иметь в виду, что максимально возможная изменчивость  $S_{max}$  при двух градациях признаков равна 0,500 (50,0%), трёх – 0,333 (33,3%), четырёх – 0,250 (25,0%), пяти – 0,200 (20,0%) и шести – 0,167 (16,7%).

Таблица 11 – Формулы для вычисления статистических характеристик выборки при качественной изменчивости

Показатель	Формула
Доля признака при $k = 2$ при $k > 2$	$p = \frac{n_1}{n}, q = 1 - p$ $p_1 = \frac{n_1}{n}; p_2 = \frac{n_2}{n}; \dots p_k = \frac{n_k}{n}$
Стандартное отклонение при $k = 2$ при $k > 2$	$S = \sqrt{pq}; S = \sqrt[k]{p_1 \times p_2 \times \dots \times p_k}$ $\lg S = \frac{\lg p_1 + \lg p_2 + \dots + \lg p_k}{k}$
Коэффициент вариации	$V_p = \frac{S}{S_{max}} \times 100$
Доверительный интервал для доли признака в совокупности	$p \pm t_{0,5} s_p$
Степень свободы	$n - 1$

### Контрольные вопросы

1. Перечислить статистические методы проверки гипотез.
2. Что такое нулевая гипотеза и методы ее проверки.
3. Назовите статистические характеристики качественной изменчивости.
4. Как вычисляется и что показывает доверительный интервал для доли признака в совокупности?
5. Как оценить значимость между выборочными долями.

### Занятие 2 (12). Использование метода хи-квадрат при решении исследовательских задач

#### Цель занятия:

1. изучить основы метода хи-квадрат при решении исследовательских задач.

#### Задания:

1. пользуясь рекомендуемой литературой и вводными пояснениями изучить материал по теме;
2. решить задачу, пользуясь приведенными исходными данными:

**Задача.** Апробацией семенников клевера красного установлено распределение 110 стеблей по числу междоузлий: 6 – имеют 4 междоузлия, 10 – 5 междоузлий, 28 – 6 междоузлий, 10 – 7 междоузлий, 12 – 8 междоузлий, 29 – 9 междоузлий, 10 – 10 междоузлий, 3 – 11 междоузлий, 2 – 12 междоузлий.

Необходимо проверить соответствие эмпирического распределения нормальному критерию  $\chi^2$ .

Таблица 13 – Вычисление теоретических частот ( $F$ ) и критерия соответствия эмпирического распределения нормальному ( $\chi^2$ )

$X$	$f$	$t = \frac{X - \bar{x}}{s}$	$\Phi(t)$	$F$	$(f - F)$	$(f - F)^2$	$\frac{(f - F)^2}{F}$
4	6	}					
5	10						
6	28						
7	10						
8	12						
9	29	}5					
10	10						
11	3						
12	2						
Сумма	110	–	–	–	–	–	= $\chi^2$

### Вводные пояснения

Критерий хи-квадрат ( $\chi^2$ ) 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  $\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{\text{теор}}$ , и не отвергается, если  $\chi^2_{\text{факт}} < \chi^2_{\text{теор}}$ . Когда фактические и теоретические ожидаемые частоты совпадают,  $\chi^2 = 0$ . Предельные значения  $\chi^2$  при которых  $H_0$  принимается, приведены в таблице приложения 7. Величина хи-квадрат зависит от числа степеней свободы. В наиболее типичных случаях число степеней свободы определяется по формуле  $(c - 1) \times (K - 1)$ , 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 14 и 15.

Таблица 14 – Токсичность дилора и вычисление ожидаемого количества насекомых по группам по таблице  $2 \times 2$

Группа насекомых	Количество насекомых				$\Sigma$	%
	погибших		здоровых			
	$f$	$F$	$f$	$F$		
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
$\Sigma$	32	32	18	18	50	–
%	64	–	36	–	–	100

Примечание.  $f$  и  $F$  – соответственно фактически наблюдаемое и теоретически ожидаемое количество насекомых.

Количество насекомых по группам распределилось следующим образом:

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

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

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

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

Таблица 15 – Различия между фактическими и ожидаемыми количествами насекомых в группах ( $f - F$ )

Группа насекомых	Количество насекомых		$\Sigma$
	погибших	здоровых	
Опытная	8,8	-8,8	0
Контрольная	-8,8	8,8	0
$\Sigma$	0	0	0

$$\chi^2 = \sum \frac{(f - F)^2}{F} = \frac{(8,8)^2}{19,2} + \frac{(-8,8)^2}{10,8} + \frac{(-8,8)^2}{12,8} + \frac{(8,8)^2}{7,2} = \frac{77,44}{19,2} + \frac{77,44}{10,8} + \frac{77,44}{12,8} + \frac{77,44}{7,2} = 4,04 + 7,17 + 6,05 + 10,75 = 28,01; \text{ при } \nu = (c - 1) \times (K - 1) = (2 - 1) \times (2 - 1) = 1.$$

Теоретическое значение  $\chi^2_{05} = 3,84$  (по таблице приложения 7).

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

## Контрольные вопросы

1. Что такое точечная оценка параметров генеральной совокупности?
2. Что такое интервальная оценка параметров генеральной совокупности?
3. Назовите точечную оценку генеральной средней  $\mu$ ,  $\sigma$ .
4. Что такое доверительный интервал?
5. Что такое независимые и сопряженные выборки?
6. Что оценивается при определении существенности разности средних независимых и сопряженных выборок?
7. Чему равно число степеней свободы при сравнении средних независимых и сопряженных выборок?

## Глава 8. Дисперсионный анализ. Корреляция и регрессия

### 8.1. Основы метода дисперсионного анализа

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

$$\frac{\text{средний квадрат выборочных средних}}{\text{средний квадрат объектов}} = \frac{S_1^2}{S_2^2} = F. \quad (81)$$

Дисперсионный анализ широко используется для планирования эксперимента и статистической обработки его данных. Если в прошлом считали, что роль математика состоит лишь в анализе экспериментальных данных, то работы Р.А. Фишера коренным образом изменили эту точку зрения, и статистическое планирование опыта в соответствии с требованиями дисперсионного анализа и математическая интерпретация результатов – непременные условия успешного получения ответов на вопросы, интересующие экспериментатора. Статистически обоснованный план эксперимента определяет и метод математического анализа результатов. Поэтому современный эксперимент нельзя правильно спланировать, не зная основ дисперсионного анализа.

При дисперсионном анализе одновременно обрабатывают данные нескольких выборок (вариантов), составляющих единый статистический комплекс, оформленный в виде специальной рабочей таблицы. Структура статистического комплекса и его последующий анализ определяются схемой и методикой эксперимента.

Сущностью дисперсионного анализа является расчленение общей суммы квадратов отклонений и общего числа степеней свободы на части – компоненты, соответствующие структуре эксперимента, и оценка значимости действия и взаимодействия изучаемых факторов по  $F$ -критерию.

Если обрабатывают однофакторные статистические комплексы, состоящие из нескольких независимых выборок, например  $l$ -вариантов в вегетационном опыте, то общая изменчивость результативного признака, измеряемая общей суммой квадратов  $C_Y$ , расчленяется на два компонента: варьирование между выборками (вариантами)  $C_V$  и внутри выборок  $C_Z$ . Следовательно, в общей форме изменчивость признака может быть представлена выражением:

$$C_Y = C_V + C_Z. \quad (82)$$

Здесь вариация между выборками (вариантами) представляет ту часть общей дисперсии, которая обусловлена действием изучаемых факторов, а дисперсия внутри выборок характеризует случайное варьирование изучаемого признака, т.е. ошибку эксперимента.

Общее число степеней свободы  $(N - 1)$  также расчленяется на две части – степени свободы для вариантов  $(l - 1)$  и для случайного варьирования  $(N - l)$ :

$$N - 1 = (l - 1) + (N - l). \quad (83)$$

Если обрабатывают однофакторные сопряженные статистические комплексы, когда выборки (варианты) связаны каким-то общим контролируемым условием, например, наличием  $n$  организованных повторений в полевом опыте, общая сумма квадратов разлагается на три части: варьирование повторений  $C_P$ , вариантов  $C_V$  и случайное  $C_Z$ . В подобных случаях общая изменчивость и общее число степеней свободы могут быть представлены выражениями:

$$C_Y = C_P + C_V + C_Z; \quad (84)$$

$$(N - 1) = (n - 1) + (l - 1) + (n - 1) \times (l - 1). \quad (85)$$

Суммы квадратов отклонений по данным полевого опыта – статистического комплекса с  $l$ -вариантами и  $n$ -повторениями – находят обычно в такой последовательности. В исходной таблице определяют суммы по повторениям  $P$ , вариантам  $V$  и общую сумму всех наблюдений  $\sum X$ . Затем вычисляют:

1. общее число наблюдений  $N = ln$ ;
2. корректирующий фактор (поправку)  $C = (\sum X)^2 : N$ ;
3. общую сумму квадратов  $C_Y = \sum X^2 - C$ ;
4. сумму квадратов для повторений  $C_P = \sum P^2 : l - C$ ;
5. сумму квадратов для вариантов  $C_V = \sum V^2 : n - C$ ;
6. сумму квадратов для ошибки (остаток)  $C_Z = C_P - C_V - C_Z$ .

Две последние суммы квадратов  $C_V$  и  $C_Z$  делят на соответствующие им степени свободы, т.е. приводят к сравниваемому виду – одной степени свободы вариации. В результате получают два средних квадрата (дисперсии):

$$\text{вариантов } S_V^2 = \frac{S_V}{l-1} \text{ и ошибки } S^2 = \frac{S_Z}{(n-1)(l-1)}. \quad (86)$$

Эти средние квадраты и используют в дисперсионном анализе для оценки значимости действия изучаемых факторов. Оценка проводится путем

сравнения дисперсии вариантов  $S_v^2$  с дисперсией ошибки  $S^2$  по критерию  $F = s^2v/s^2$ . Таким образом, за базу – единицу сравнения принимают средний квадрат случайной дисперсии, которая определяет случайную ошибку эксперимента. При этом проверяемой нулевой гипотезой служит предположение: все выборочные средние являются оценками одной генеральной средней и, следовательно, различия между ними несущественны. Если  $F_{\text{факт}} = s^2v/s^2 < F_{\text{теор}}$ , то нулевая гипотеза  $H_0 : d = 0$  не отвергается; между всеми выборочными средними нет существенных различий, и на этом проверка заканчивается. Нулевая гипотеза отвергается, когда  $F_{\text{факт}} = s^2v/s^2 \geq F_{\text{теор}}$ . В этом случае дополнительно оценивают существенность частных различий по НСР и определяют, между какими средними имеются значимые различия.

Теоретическое значение критерия  $F$  для принятого в исследовании уровня значимости находят по таблицам 2-3 приложений с учетом числа степеней свободы для дисперсии вариантов и случайной дисперсии. В большинстве случаев избирают 5%-ный, а при более строгом подходе 1%-ный или даже 0,1 %-ный уровень значимости.

При наличии общих принципов возможны разные модели, или конкретные схемы дисперсионного анализа, отражающие условия и методику проведения эксперимента.

Ясное представление о математической модели дисперсионного анализа облегчает понимание необходимых вычислительных операций, особенно при обработке данных многофакторных опытов, в которых больше источников варьирования, чем в простых, однофакторных опытах.

Часто многофакторные опыты закладывают по методу сложных, или расщепленных, делянок. В этом случае не все сравнения можно провести с одинаковой степенью точности. Неравноточность различных сравнений, вытекающая из расположения вариантов на расщепленной делянке, требует расслоения ошибки опыта в соответствии с составляющими её компонентами: на ошибку для вариантов, размещенных на делянках первого порядка  $C_{ZI}$ , на ошибку для делянок второго порядка  $C_{ZII}$  и т.д. Эти ошибки и используют затем для оценки действия и взаимодействия факторов. Например, для двух- и трехфакторных полевых опытов, проведенных соответственно с двойным и тройным расщеплением делянок, общая сумма квадратов будет равна:

$$C_Y = (C_A + C_B + C_{AB}) + C_P + C_{ZI} + C_{ZII}; \quad (87)$$

$$C_Y = (C_A + C_B + C_C + C_{AB} + C_{AC} + C_{BC} + C_{ABC}) + C_P + C_{ZI} + C_{ZII} + C_{ZIII}. \quad (88)$$

Таким образом, в опытах с расщепленными делянками оценка существенности различий будет опираться не на одну остаточную сумму квадратов  $C_Z$ , а на суммы квадратов, рассчитанные для делянок первого, второго и третьего порядков.

Для упрощения расчетов сумм квадратов, особенно при отсутствии вычислительной машины, исходные даты обычно преобразуют (кодируют)

путем вычитания из результатов измерений условного начала  $A$  – одного и того же целого числа, близкого к среднему урожаю по опыту  $x$ . Изменение начала отсчета не оказывает влияния на суммы квадратов и позволяет работать с малозначными цифрами.

Дисперсионный анализ дает возможность получить представление о степени, или доле влияния того или иного фактора в общей дисперсии признака, которую принимают за единицу или 100%, а именно:

$$\eta_V^2 = \frac{S_V}{S_Y} \text{ – влияние вариантов;} \quad (89)$$

$$\eta_P^2 = \frac{S_P}{S_Y} \text{ – влияние повторений;} \quad (90)$$

$$\eta_Z^2 = \frac{S_Z}{S_Y} \text{ – влияние случайных факторов;} \quad (91)$$

$$\eta_Y^2 = \eta_V^2 + \eta_P^2 + \eta_Z^2 = 1,0 \text{ (или 100\%)} \text{ – влияние всех факторов.} \quad (92)$$

Отношение сумм квадратов вариантов, повторений и остатка к общему варьированию, обозначенное здесь соответственно  $\eta_V^2$ ,  $\eta_P^2$ ,  $\eta_Z^2$ , показывает долю участия отдельных факторов в общей изменчивости признака. При этом  $\eta_V = \sqrt{\eta_V^2} = \sqrt{C_V / C_Y}$  корреляционное отношение, характеризующее тесноту связи результативного признака с факториальным, а  $\eta_V^2$  – индекс детерминации, показывающий долю его варьирования под воздействием изучаемых факторов.

Дисперсионный анализ быстро вошел в употребление при обработке экспериментальных данных благодаря следующим основным преимуществам его перед методом попарных сравнений по критерию Стьюдента:

1. вместо индивидуальных ошибок, средних по каждому варианту, в дисперсионном анализе используется обобщенная ошибка средних, которая опирается на большее число наблюдений и, следовательно, является более надежной базой для оценок;

2. методом дисперсионного анализа можно обрабатывать данные простых и сложных, однолетних и многолетних, однофакторных и многофакторных опытов;

3. дисперсионный анализ позволяет избежать громоздких вычислений при большом числе вариантов в опыте и позволяет компактно в виде существенных разностей представить итоги статистической обработки.

Современная теория планирования эксперимента и статистический анализ базируются на принципах рендомизации. Теория требует, чтобы все наблюдения были независимы. В этом случае дисперсионный анализ дает правильную, несмещенную оценку ошибки эксперимента. Следовательно, если опыт не рендомизирован, то экспериментатор может получить смещенную оценку ошибки опыта, и обычно используемые в дисперсионном



анализе критерии значимости теряют законную силу и не могут использоваться в качестве аргументов строго статистического доказательства эффектов вариантов.

Дисперсионный анализ невозможен для простых вегетационных или полевых опытов, проведенных без повторностей. Минимум повторностей – две, однако в этом случае, особенно в полевых опытах, получаются большие ошибки и статистически не доказываются даже значительные эффекты вариантов. Поэтому однофакторные опыты проводят обычно в 4-6-кратной повторности.

Многофакторный дисперсионный анализ в принципе возможен для факториальных опытов, заложенных без повторностей. В этом случае в качестве основы для вычисления ошибки опыта и  $НСР_{05}$  используется сумма квадратов для взаимодействия, которая включает и случайную дисперсию. Общая сумма квадратов для двухфакторного и трехфакторного опытов без повторностей будет представлена выражениями:

$$C_Y = C_A + C_B + C_{AB+Z}; \quad (93)$$

$$C_Y = C_A + C_B + C_C + C_{AB} + C_{AC} + C_{BC} + C_{ABC+Z}. \quad (94)$$

Важно подчеркнуть следующую общую закономерность, обоснованную теоретически и экспериментально: эффекты, взаимодействия факторов по мере возрастания их порядков убывают (эффект  $AB > ABC > ABCD$  и т.д.)

При этом парные взаимодействия, которые называют взаимодействиями первого порядка, дают обычно значительные эффекты, а взаимодействия более высоких порядков между тремя и более факторами, как правило, незначительные и статистически несущественные эффекты (прибавки урожая). Следовательно, экспериментатор теряет ценную информацию, если многофакторный опыт не позволяет определить парные взаимодействия, и менее ценную, если жертвует взаимодействиями более высоких порядков, которые в опытах без повторностей отождествляются, смешиваются со случайными ошибками. Незначимость взаимодействий высших порядков положена в основу теории метода смешивания, объединения вариантов в специальные блоки при постановке сложных многофакторных полевых опытов.

Итак, многофакторные опыты без повторностей можно обработать методом дисперсионного анализа. Это, однако, не означает, что такие опыты следует ставить без повторностей. Экспериментатор должен четко представлять, что в двухфакторных опытах без повторностей теряется ценная информация о парных взаимодействиях, а объединение эффектов взаимодействия с остаточной дисперсией ведет к резкому увеличению ошибки и снижению разрешающей способности опыта. Величина  $НСР_{05}$  в таких опытах возрастает настолько, что статистически не доказываются даже очень значительные разности по вариантам. Другая опасность постановки многофакторных опытов без повторностей заключается в том, что случайное выпадение из учета хотя бы одной делянки лишает экспериментатора

возможности статистически обработать полученные данные. Вот почему многофакторные опыты без повторностей нужно рекомендовать лишь для рекогносцировочных, временных опытов.

## 8.2. Линейная корреляция и регрессия

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 криволинейной, по направлению прямой и обратной. Корреляцию и регрессию называют простой, если исследуется связь между двумя признаками, и множественной, когда изучается зависимость между тремя и более признаками.

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  $Y = f(x)$  и при множественной  $Y = f(X, Z, V \dots)$ . Если степень связи между признаками велика, то по уравнению регрессии можно предсказать значение результативного признака для определённых значений факториальных признаков. Для оценки тесноты (силы) связи используют коэффициенты корреляции и корреляционное отношение.

Под линейной (прямолинейной) корреляционной зависимостью между двумя признаками  $X$  и  $Y$  понимают такую зависимость, которая носит линейный характер и выражается уравнением прямой линии  $Y = a + bX$ . Это уравнение называется уравнением регрессии  $Y$  на  $X$ , а соответствующая ему прямая линия – выборочной линией регрессии  $Y$  на  $X$ .

Если создать такой рисунок,

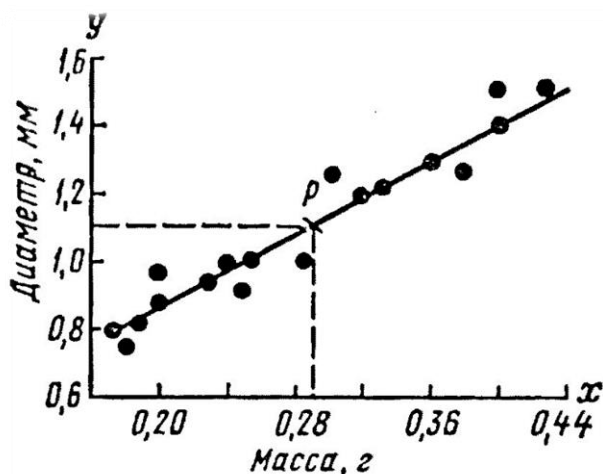


Рисунок 19– Зависимость между массой и диаметром стеблей льна-долгунца

то прямая линия, показанная на нем, проходит через точку  $P$ , которая соответствует значениям средних  $x$  и  $y$  и имеет наклон, определяемый в единицах  $Y$  на одну единицу  $X$ . Здесь  $b$  – выборочный коэффициент регрессии. Рисунок показывает, что линейная регрессия – это такая зависимость, когда при любом значении аргумента  $X$  одинаковые приращения его вызывают одинаковые изменения функции  $Y$ . Когда при одинаковых приращениях аргумента функция имеет неодинаковые изменения, регрессия называется криволинейной.

Линейная регрессия  $Y$  на  $X$  показывает, как изменяется в среднем величина  $Y$  при изменении величины  $X$ . Если при увеличении  $X$  величина  $Y$  в среднем увеличивается, то корреляция и регрессия называется положительной или прямой, а если с увеличением  $X$  значение  $Y$  в среднем уменьшается – отрицательной или обратной.

Для анализа линейной корреляции между  $X$  и  $Y$  проводят  $n$  независимых парных наблюдений, исходом каждого из которых является пара чисел  $(X_1; Y_1), (X_2; Y_2), \dots, (X_n; Y_n)$ . По этим значениям определяют выборочные эмпирические коэффициенты корреляции и регрессии, рассчитывают уравнение регрессии, строят теоретическую линию регрессии и оценивают значимость полученных результатов.

В качестве числового показателя простой линейной корреляции, указывающего на тесноту (силу) и направление связи  $X$  с  $Y$ , используют коэффициент корреляции, обозначаемый буквой  $r$ . Он является безразмерной величиной, изменяющейся в области  $-1 < r < +1$ . Коэффициент корреляции рассчитывают по формуле:

$$r = \frac{\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2 \sum (Y - \bar{y})^2}}, \quad (95)$$

или, минуя вычисления отклонений и квадратов отклонений, по формуле:

$$r = \frac{\sum XY - (\sum X \sum Y) : n}{\sqrt{(\sum X^2 - (\sum X)^2 : n)(\sum Y^2 - (\sum Y)^2 : n)}}. \quad (96)$$

Если каждой величине  $X$  соответствует только определенная величина  $Y$ , то корреляционная связь переходит в функциональную, которую можно считать частным случаем корреляционной. При полных связях, когда корреляционная связь превращается в функциональную, значение коэффициента корреляции равно для положительных, или прямых, связей  $+1,0$ ; для отрицательных, или обратных, связей  $-1,0$ . Чем ближе  $r$  к  $+1$  или  $-1$ , тем теснее прямолинейная корреляционная связь; она ослабевает с приближением  $r$  к  $0$ . Когда  $r = 0$ , между  $X$  и  $Y$  нет линейной связи, но криволинейная зависимость может существовать,

Может показаться, что величина коэффициента корреляции, близкая к  $0,5$ ; уже достаточно высока и совпадение вариации двух признаков при этом должно быть у половины всех случаев. Однако теория корреляции показывает, что степень сопряженности в вариации двух величин более точно измеряется квадратом коэффициента корреляции ( $r^2$ ).

Квадрат коэффициента корреляции ( $r^2$ ) называется коэффициентом детерминации и обозначается  $d_{yx}$ . Он показывает долю (%) тех изменений, которые в данном явлении зависят от изучаемого фактора. Коэффициент детерминации является более непосредственным и прямым способом выражения зависимости одной величины от другой, и в этом отношении он предпочтительнее коэффициента корреляции. В случаях, где известно, что зависимая переменная  $Y$  находится в причинной связи с независимой переменной  $X$ , значение  $r^2$  показывает ту долю элементов в вариации  $Y$ , которая определена влиянием  $X$ . Поэтому, когда употребляют, например, выражение «50% колебаний в урожае вызывается колебаниями в выпадении осадков», то здесь 50% – коэффициент детерминации.

Считается, что при  $r < 0,3$  корреляционная зависимость между признаками слабая,  $r = 0,3-0,7$  – средняя, а при  $r > 0,7$  – сильная.

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

Стандартную ошибку коэффициента корреляции определяют по формуле:

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}. \quad (97)$$

где,  $S_r$ , – ошибка коэффициента корреляции;  $r$  – коэффициент корреляции;  $n$  – численность выборки, т.е. число пар значений, по которым вычислен выборочный коэффициент корреляции.

Из формулы следует, что коэффициенты корреляции, близкие к единице, оказываются всегда точнее коэффициентов корреляции, близких к

нулю. С увеличением числа объектов исследования  $S_r$ , также будет всегда уменьшаться, а точность в определении  $r$  – возрастать.

Критерий существенности коэффициента корреляции рассчитывают по формуле:

$$t_r = r/s_r. \quad (98)$$

Если  $t_r \text{ факт} \geq t_{\text{теор}}$ , то корреляционная связь существенна, а когда  $t_r \text{ факт} < t_{\text{теор}}$  – несущественна. Теоретическое значение критерия  $t$  находят по таблице Стьюдента, принимая 5%-ный, а при более строгом подходе 1%-ный уровень значимости. Число степеней свободы принимают равным  $n - 2$ .

При малых выборках и значениях  $r$ , близких к единице, распределение выборочных коэффициентов корреляции заведомо отличается от нормального. Поэтому для оценки значимости коэффициента корреляции в генеральной совокупности и сравнения коэффициентов корреляции критерий  $t$  Стьюдента становится ненадежным. Чтобы обойти это затруднение, Р. Фишер предложил преобразовать  $r$  в величину  $z$  (зет), которая распределена нормально. Для перехода от  $r$  к  $z$  и обратно используется таблица приложения 9. Стандартная ошибка величины  $z$  равна:

$$S_z = 1/\sqrt{n-3}, \quad (99)$$

где,  $n$  – объем выборки.

Критерий значимости для  $z$  и разности  $z_1 - z_2$ , а также доверительные границы величины  $z$  определяют по обычным соотношениям:

$$t_z = \frac{z}{S_z}; \quad t_{z_1 - z_2} = \frac{z_1 - z_2}{\sqrt{S_{z_1}^2 + S_{z_2}^2}}; \quad (100)$$

$$z \pm t S_z. \quad (101)$$

После определения доверительных границ обратным преобразованием по таблице приложения 9 находят соответствующие  $z_{\text{макс}}$  и  $z_{\text{мин}}$  величины  $r_{\text{макс}}$  и  $r_{\text{мин}}$ .

Проверить нулевую гипотезу  $H_0 : r = 0$  можно и без расчетов критерия  $t_z$  непосредственно по таблице 10 приложений. В таблице даны граничные значения коэффициентов корреляции на 5%-ном и 1%-ном уровне значимости. Между  $X$  и  $Y$  имеется существенная связь, и  $H_0$  отвергается, если  $r_{\text{ф}} \geq r_{\text{т}}$ . Нуль-гипотеза не отвергается, когда  $r_{\text{ф}} < r_{\text{т}}$ . Рассматривая эту таблицу, легко заметить, какое влияние оказывает на размер выборки величина  $r$ . Так, для доказательства значимости слабых связей необходимо 40-100 пар наблюдений, средних – 12-40 и сильных – 6-12.

Коэффициент корреляции указывает на направление и степень сопряженности в изменчивости признаков, но не позволяет судить о том, как количественно меняется результативный признак при изменении факториального на единицу измерения, что важно в познавательных и практических целях. В подобных случаях на помощь приходит регрессионный анализ. Его основная задача – определить формулу корреляционной зависимости, т.е. уравнение прямой линии.

Уравнение линейной регрессии  $Y$  по  $X$  имеет вид:

$$Y = \bar{y} + b_{yx}(X - \bar{x}), \quad (102)$$

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

Коэффициент регрессии вычисляют по формулам:

$$b_{yx} = \frac{\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sum(X - \bar{x})^2} \text{ и } b_{xy} = \frac{\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sum(Y - \bar{y})^2}. \quad (103)$$

Коэффициент регрессии  $b_{yx}$  показывает, как изменяется  $Y$  при изменении  $X$  на единицу измерения, и выражается в единицах  $Y$ , а  $b_{yx}$  указывает регрессию  $X$  на  $Y$  и выражается в единицах  $X$ . При исследовании односторонней зависимости, например, корреляции между урожаями  $Y$  и количеством выпавших осадков  $X$  вычисляют только один коэффициент регрессии результативного признака  $Y$  на факториальный  $X$ , т.е. значение  $b_{yx}$ , так как регрессия  $X$  по  $Y$  лишена в подобных случаях логического смысла.

Таким образом, коэффициентом линейной регрессии называется число, показывающее, в каком направлении и на какую величину изменяется в среднем признак  $Y$  (функция) при изменении признака  $X$  (аргумента) на единицу измерения. Коэффициенты регрессии имеют знак коэффициента корреляции.

Произведение коэффициентов регрессии равно квадрату коэффициента корреляции:

$$b_{yx}b_{xy} = r^2. \quad (104)$$

Этой формулой можно пользоваться как проверочной при вычислении коэффициентов регрессии.

Ошибку коэффициента регрессии вычисляют по формуле:

$$S_{b_{yx}} = S_r \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{y})^2}{\sum(X - \bar{x})^2}} \text{ и } S_{b_{xy}} = S_r \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{x})^2}{\sum(Y - \bar{y})^2}}. \quad (105)$$

Критерий существенности коэффициента регрессии определяют по формуле:

$$t_b = b/s_b. \quad (106)$$

Если определен критерий существенности для коэффициента корреляции, он может быть использован и для оценки значимости коэффициента регрессии, так как  $t_b = t_r$ .

Существенность коэффициента регрессии оценивают по таблице приложения 6; число степеней свободы принимают равным  $n - 2$ .

Корреляция может быть изображена графически в виде линии регрессии. Для построения графика по оси абсцисс откладывают значения признака  $X$ , по оси ординат – значения признака  $Y$  и каждое наблюдение над двумя переменными отмечают точкой с координатами  $(X, Y)$ . Такой график называется «точечной диаграммой» или «корреляционным полем». По точечному графику легко установить связи, которые заслуживают того, чтобы наблюдения были продолжены, или наоборот, он может указать на нецелесообразность накопления материала подобного рода.

Точечная диаграмма часто указывает на сильный разброс индивидуальных наблюдений и не позволяет с достаточной точностью определить любое значение результативного признака  $Y$  по заданному значению  $X$ . Поэтому необходимо устранить влияние случайных отклонений и найти положение теоретической линии регрессии, т.е. усредненное течение функции при равномерном увеличении аргумента. Принципы, положенные в основу нахождения усредненного течения функции, в некоторой степени подобны определению средней арифметической, которая наиболее близка к индивидуальным значениям, так что сумма квадратов отклонений их от средней есть величина наименьшая. Выравнивать эмпирические ряды можно двумя способами: графическим и аналитическим.

Графический способ позволяет с достаточным приближением получить теоретическую линию регрессии без дополнительных вычислений. На точечной диаграмме при помощи прозрачной линейки с нанесенной чертой проводят линию на глаз так, чтобы она располагалась как можно ближе ко всем точкам, и сумма расстояний этой линии от эмпирических точек была наименьшей. Этот метод дает удовлетворительные результаты в тех случаях, когда необходимо только грубо, приближенно выявить общую тенденцию. Поэтому лучше воспользоваться аналитическим методом и найти наилучшее положение прямой линии для соответствующих данных.

## **Практические занятия по теме главы**

### **Занятие 1 (13). Дисперсионный анализ экспериментальных данных**

#### **Цель занятия:**

1. изучить основы дисперсионного анализа, полученных в опыте данных.

#### **Задание:**

1. провести дисперсионный анализ данных урожайности раннеспелых гибридов кукурузы по повторениям: Краснодарский 194 МВ (стандарт) – 1-е повторение – 74,2 ц/га; 2-е – 77,8; 3-е – 73,2; 4-е – 75,2. Ладожский 191 МВ – 72,8; 67,9; 70,4. АРК 101 – 69,4; 78,4; 72,4; 73,4. Х75 N887 – 72,6; 73,6; 69,8; 73,4.

#### **Вводные пояснения:**

Данные задания необходимо сгруппировать и занести в таблицу 16, которая приведена ниже.

Таблица 16 – Урожайность, ц/га

Вариант	Повторения			
	1.	2.	3.	4.

Дисперсионный анализ опыта складывается из следующих этапов:

1. Определение сумм и средних.

Из исходной таблицы 16 в таблицу 17 внесем результаты урожайности, для определения сумм и средних. Правильность вычислений проверяем по соотношению  $\Sigma P = \Sigma V = \Sigma X =$

Таблица 17 – Урожайность, ц/га

Вариант	Повторения				Суммы, <i>V</i>	Средние
	1.	2.	3.	4.		
1.						
2.						
3.						
4.						
Суммы, <i>P</i>						

Для вычисления сумм квадратов, исходные даты целесообразно преобразовывать по соотношению  $X_1 = X - A$ , приняв за условное среднее *A*, число, близкое к  $\bar{x}$ . Преобразованные даты записывают в таблицу 18. Правильность расчетов проверяем по соотношению  $\Sigma P = \Sigma V = \Sigma X_1 =$

Таблица 18 – Преобразованные даты

Вариант	Повторения, ( $X - A$ )				Суммы <i>V</i>
	1.	2.	3.	4.	
1.					
2.					
3.					
4.					
Суммы <i>P</i>					

2. Вычисление общей суммы квадратов, суммы квадратов по повторениям, вариантам и остатка:

Общее число наблюдений –  $N = l \times n =$

Корректирующий фактор:  $C = (\Sigma X_1)^2 : N =$



Суммы квадратов отклонений:

$$\text{общая} - C_y = \Sigma X_1^2 - C =$$

$$\text{по повторениям} - C_p = \Sigma P^2 : l - C =$$

$$\text{по вариантам} - C_v = \Sigma V^2 : n - C =$$

$$\text{остаточная сумма квадратов (ошибка)} - C_z = C_y - C_p - C_v =$$

Теперь можно заполнить таблицу дисперсионного анализа (табл. 19).

Таблица 19 – Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_\phi$	$F_{05}$
Общая			–	–	–
Повторений			–	–	–
Вариантов					
Остаток (ошибка)				–	–

Значение  $F_{05}$  возьмем из таблицы приложения 8 для соответствующих степеней свободы дисперсии вариантов (числитель) и для степеней свободы остатка (знаменатель). Эффект доказан, если  $F_\phi \geq F_{05}$ .

3. Оценка существенности.

$$s_x = \sqrt{\frac{s^2}{n}} =$$

$$s_d = \sqrt{\frac{2s^2}{n}} =$$

$$\text{НСР}_{05} = t_{05} s_d =$$

$$\text{НСР}_{05} = \frac{t_{05} s_d}{x} \times 100 =$$

значение  $t_{05}$  берут из таблицы приложения 6 для соответствующего значения степени свободы.

4. Результаты математической обработки опыта.

Результаты вычислений заносятся в итоговую таблицу 20.

Таблица 20 – Урожайность гибридов, ц/га

Вариант	Урожайность	Отклонения от стандарта		Группа
		ц/га	%	
1.		–	–	<i>st</i>
2.				
3.				
4.				

$$\text{НСР}_{05} =$$

**Вывод:**

### Контрольные вопросы

1. На что указывает наименьшая существенная разность (НСР)?
2. Что такое точность опыта (относительная ошибка  $S_x\%$ )?
3. Что такое число степеней свободы?

### Занятие 2 (14). Дисперсионный анализ результатов многофакторных опытов

#### Цель занятия:

1. познакомиться с особенностями проведения дисперсионного анализа данных многофакторного полевого опыта при организованных повторениях.

#### Задание:

1. в двухфакторном опыте  $3 \times 3$ , поставленном в четырёх организованных повторениях, изучено действие трех градаций технологических приемов возделывания гибридов томата в защищенном грунте (0 – Раиса, 1 – Макарена, 2 – Кунеро) и трёх различных субстратов (0 – почвогрунт, 1 – торфяной субстрат, 2 – керамзитовый субстрат) на их урожайность (табл. 21). Провести дисперсионный анализ данных.

Таблица 21 – Урожайность гибридов томата на различных субстратах, кг/м<sup>2</sup>

Гибрид	Вариант	Повторения			
		1.	2.	3.	4.
Раиса	1. почвогрунт	11,0	14,5	11,5	13,0
	2. торфяной субстрат	31,3	24,8	28,1	23,8
	3. керамзитовый субстрат	31,3	35,4	29,9	39,4
Макарена	1. почвогрунт	13,5	11,4	15,1	12,0
	2. торфяной субстрат	24,5	32,3	25,6	28,9
	3. керамзитовый субстрат	40,6	32,2	36,4	30,8
Кунеро	1. почвогрунт	10,6	13,9	11,0	12,5
	2. торфяной субстрат	27,8	22,1	25,0	21,1
	3. керамзитовый субстрат	28,5	32,2	27,3	36,0

#### Вводные пояснения:

Дисперсионный анализ двухфакторного опыта с тремя градациями фактора  $A$  – гибриды томата ( $l_A = 3$ ) и тремя градациями фактора  $B$  – субстраты ( $l_B = 3$ ), поставленного в четырёх повторениях ( $n = 4$ ), складывается из следующих этапов:

1. Определение сумм и средних.

Из исходной таблицы 21 в таблицу 22 внесем результаты урожайности, для определения сумм и средних. Правильность вычислений проверяем по соотношению  $\Sigma P = \Sigma V = \Sigma X =$

Таблица 22 – Урожайность гибридов томата на различных субстратах, кг/м<sup>2</sup>

Гибрид	Вариант	Повторения				Суммы, V	Средние
		1.	2.	3.	4.		
Суммы, P							

2. Вычисление общей суммы квадратов, суммы квадратов по повторениям, вариантам и остатка:

Общее число наблюдений –  $N = l_A \times l_B \times n =$

Корректирующий фактор (поправка) в дисперсионном анализе:

$C = (\Sigma X)^2 : N =$

Суммы квадратов отклонений для разных источников варьирования в дисперсионном анализе:

общая –  $C_Y = \Sigma X^2 - C =$

по повторениям –  $C_P = \Sigma P^2 : l - C =$

по вариантам –  $C_V = \Sigma V^2 : n - C =$

остаточная сумма квадратов (ошибка) –  $C_Z = C_Y - C_P - C_V =$

3. Следующий этап определение суммы квадратов для факторов *A*, *B* и взаимодействия *AB*. Для этого составляем таблицу  $3 \times 4$  с двумя входами, запишем в неё соответствующие суммы урожаев (из табл. 22), найдем суммы и средние по факторам *A* и *B*.

Таблица 23 – Определение главных эффектов и взаимодействия

Гибриды (фактор <i>A</i> )	Варианты субстратов (фактор <i>B</i> )			Суммы <i>A</i>	Суммы <i>B</i>
	1.	2.	3.		
Суммы <i>B</i>					$= \Sigma X$
Средние <i>B</i>					$\approx \bar{x}$

Дисперсионный анализ таблицы 23 дает:

общее варьирование  $C_{A+B+AB}$  (численно оно равно  $C_V$ );

варьирование факторов *A* и *B*:

$C_A = \Sigma A^2 : l_B \times n - C$ ; при  $(l_A - 1) = 2$  степенях свободы;

$C_B = \Sigma B^2 : l_A \times n - C$ ; при  $(l_B - 1) = 2$  степенях свободы.

Взаимодействие *AB* находим по разности:

$C_{AB} = C_V - C_A - C_B$ ; при  $(l_A - 1) \times (l_B - 1) = 4$  степенях свободы.

4. Определение ошибок опыта.

В опыте имеются две ошибки: одна для гибридов (ошибка I), и вторая для вариантов субстратов и взаимодействия (ошибка II). Чтобы определить

ошибки I и II, нужно разложить общее остаточное варьирование  $C_Z$  на составные компоненты:  $C_Z = C_{Z I} + C_{Z II}$ . Сумма квадратов  $C_{Z I}$  дает возможность оценить существенность особенностей гибридов (ошибка I), а  $C_{Z II}$  эффект субстратов и их взаимодействия (ошибка II). Разложение  $C_Z$  производится так: вычисляется сумма квадратов для гибридов  $C_{Z I}$ , а сумму квадратов для вариантов субстратов  $C_{Z II}$  найдем по разности.

Чтобы определить ошибку I, составим таблицу 24, куда запишем суммы урожаев по гибридам.

Таблица 24 – Суммы урожаев по гибридам для вычисления ошибки I

Гибрид (A)	Повторения				Суммы A
	1.	2.	3.	4.	
Суммы P					

Таблица 24 позволяет определить общую сумму квадратов отклонений  $C_{Y I}$ , значения  $C_A$  и  $C_B$ , которые определены ранее, сумму квадратов для ошибки I:

$C_{Y I} = (\text{суммы квадратов по повторениям}) : l_B - C$ ; при  $(n - 1) = 3$  степенях свободы;

$C_{Z I} = C_{Y I} - C_A - C_P$ ; при  $(l_A - 1) \times (n - 1) = 6$  степенях свободы;

$C_{Z II} = C_Z - C_{Z I}$ ; при  $(l_A - 1) \times (l_B - 1) \times (n - 1) + (l_B - 1) \times (n - 1) = 18$  степенях свободы.

После этого составляем таблицу и определяем существенность действия и взаимодействия факторов по  $F$  – критерию.

Значение  $F_{05}$  возьмем из таблицы приложения 8, исходя из числа степеней свободы для факторов A, B и взаимодействия AB (числитель) и соответствующих им ошибок I или II (знаменатель).

Эффекты технологических приемов возделывания гибридов томата, выращивания их на различных субстратах и взаимодействия этих факторов будут доказаны если ( $F_{\phi} \geq F_{05}$ ).

Таблица 25 – Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{\phi}$	$F_{05}$
Общая			–	–	–
Повторений			–	–	–
Гибридов (A)					
Ошибка I				–	–
Вариантов (B)					
Взаимодействия					
Ошибка II				–	–

5. Оценка существенности главных эффектов.

а). для главного эффекта технологических приемов возделывания гибридов томата:

$$S_d = \sqrt{\frac{2S_I^2}{nl_B}} =$$

$$HCP_{05} = t_{05}S_d =$$

значение  $t_{05}$  берут из таблицы приложения 6 для значения степеней свободы ошибки II.

б). для главного эффекта возделывания томатов на различных субстратах:

$$S_d = \sqrt{\frac{2S_{II}^2}{nl_A}} =$$

$$HCP_{05} = t_{05}S_d =$$

6. Результаты математической обработки опыта.

Для наглядности занесем результаты вычислений в итоговую таблицу 26.

Таблица 26 – Влияние технологических приёмов выращивания гибридов томата в различных субстратах на их урожайность кг/м<sup>2</sup>

Гибрид	Вариант	Урожай- ность	Отклонения от стандарта		Группа
			кг/м <sup>2</sup>	%	
			–	–	<i>st</i>
			–	–	<i>st</i>
			–	–	<i>st</i>

HCP<sub>05</sub> =

**Вывод:**

**Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой дисперсия выборочная?
2. Чем является дисперсионный анализ?
3. В чём заключается достоверность опыта?

### Занятие 3 (15). Корреляция и регрессия

#### Цель занятия:

1. изучить основы корреляционного анализа данных полученных в полевом опыте.

#### Задание:

1. провести корреляционный и регрессионный анализ данных, представленных в таблице 27:

Таблица 27 – Зависимость скорости всходов растений озимой пшеницы от посевной годности сортовых семян

Номер сорта (пары признаков)	Значение признака		$X^2$	$Y^2$	$XY$
	посевная годность (X), %	скорость всходов (Y), %			
1.	97,0	48,3	9409,0	2332,9	4685,1
2.	99,0	55,1	9801,0	3036,0	5454,9
3.	99,0	56,8	9801,0	3226,2	5623,2
4.	96,8	47,1	9370,2	2218,4	4559,3
5.	97,9	54,3	9584,4	2948,5	5316,0
6.	97,0	48,3	9409,0	2332,9	4685,1
7.	99,0	57,0	9801,0	3249,0	5643,0
8.	98,0	55,0	9604,0	3025,0	5390,0
9.	97,1	48,8	9428,4	2381,4	4738,5
10.	95,7	39,2	9158,5	1536,6	3751,4
11.	98,0	55,4	9604,0	3069,2	5429,2
12.	98,0	55,0	9604,0	3025,0	5390,0
13.	99,0	58,0	9801,0	3364,0	5742,0
14.	97,4	50,0	9486,8	2500,0	4870,0
15.	97,8	53,3	9564,8	2840,9	5212,7
Номер сорта (пары признаков)	Значение признака		$X^2$	$Y^2$	$XY$
	посевная годность (X), %	скорость всходов (Y), %			
16.	99,0	58,3	9801,0	3398,9	5771,7
17.	96,3	40,3	9273,7	1624,1	3880,9
18.	93,2	39,2	8686,2	1536,6	3653,4
19.	99,0	58,3	9801,0	3398,9	5771,7
20.	99,0	58,3	9801,0	3398,9	5771,7
21.	99,0	65,5	9801,0	4290,3	6484,5
22.	99,1	72,8	9820,8	5299,8	7214,5
Сумма	2151,3 = $\Sigma X$	1174,3 = $\Sigma Y$	210411,8 = $\Sigma X^2$	64033,5 = $\Sigma Y^2$	115038,8 = $\Sigma XY$

### Вводные пояснения:

Таблица 27 позволяет нам провести расчет некоторых вспомогательных величин:

так как у нас 22 пары признаков по сортам, то  $n = 22$ ; далее:

$$\begin{aligned}\bar{x} &= (\sum X) : n = \\ \bar{y} &= (\sum Y) : n = \\ \sum (X - \bar{x})^2 &= \sum X^2 - (\sum X)^2 : n = \\ \sum (Y - \bar{y})^2 &= \sum Y^2 - (\sum Y)^2 : n = \\ \sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y}) &= \sum XY - (\sum X \sum Y) : n =\end{aligned}$$

Таким образом, коэффициент корреляции, регрессии и уравнение регрессии будут следующими:

$$\begin{aligned}r &= \frac{\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2 \sum (Y - \bar{y})^2}} = \\ b_{yx} &= \frac{\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sum (X - \bar{x})^2} = \\ Y &= \bar{y} + b_{yx}(X - \bar{x}) =\end{aligned}$$

Ошибки, критерий значимости и доверительные интервалы будут иметь следующий вид:

$$\begin{aligned}s_r &= \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = \\ s_b &= s_r \sqrt{\frac{\sum (Y - \bar{y})^2}{\sum (X - \bar{x})^2}} = \\ s_{yx} &= s_r \sqrt{\sum (Y - \bar{y})^2} = \\ t_r &= \frac{r}{s_r} = \\ v &= n - 2 = \quad t_{05} = \\ & r \pm t_{05} s_r = \\ & b_{yx} \pm t_{05} s_b =\end{aligned}$$

Отсюда, усредненные теоретические значения  $Y$  для экстремальных величин  $X$  будут равны:

$$\begin{aligned}Y_{x=93,2} &= \\ Y_{x=99,1} &= \end{aligned}$$

Ниже на рисунке 20, показан график, который может получиться в подобном примере. Найденные точки (93,2; 31,7) и (99,1; 59,6) нанесены на график, где получена теоретическая линия регрессии  $Y$  по  $X$ .

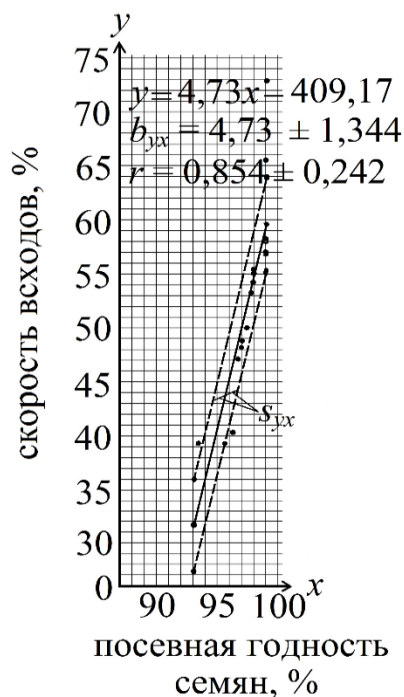


Рисунок 20– Точечный график и теоретическая линия регрессии при прямолинейной корреляции между скоростью всходов растений и посевной годностью семян

## Выводы:

### Контрольные вопросы

1. Что такое коэффициент простой линейной корреляции, какие значения он может принимать?
2. Что показывает коэффициент регрессии?

### Занятие 4 (16). Ковариация

#### Цель занятия:

1. изучить основы ковариационного анализа данных полученных в полевом опыте.

#### Задания:

1. использовать ковариационный анализ для статистического выравнивания неконтролируемых условий опыта, для чего сравнить хозяйственную эффективность различных сортов озимого ячменя, урожайность которого представлена в таблице 28 ( $x$  и  $y$  – соответственно урожай зерна до закладки опыта и в опыте);



Таблица 28 – Урожайность озимого ячменя, ц/га

Вариант опыта (сорт)	Показатель	Данные по повторениям			
		I	II	III	IV
Хуторок	$x$	47,7	54,1	48,5	55,7
	$y$	71,6	81,2	72,8	83,6
Валерий	$x$	45,3	54,7	50,1	53,1
	$y$	68,0	82,0	75,2	79,6
Вася	$x$	59,2	58,4	58,7	60,0
	$y$	88,8	87,6	88,0	90,0
Греко	$x$	47,1	48,4	47,9	47,7
	$y$	70,6	72,6	71,8	71,6
Достойный	$x$	51,7	52,8	49,6	53,6
	$y$	77,6	79,2	74,4	80,4
Инсар	$x$	49,6	52,3	59,7	58,3
	$y$	74,4	78,4	89,6	87,4
Каррера	$x$	54,7	54,9	60,4	55,6
	$y$	82,0	82,4	90,6	83,4
Кондрат	$x$	52,5	50,4	52,8	54,7
	$y$	78,8	75,6	79,2	82,0
Молот	$x$	51,6	51,2	53,1	53,6
	$y$	77,4	76,8	79,6	80,4
Серп	$x$	48,3	51,5	49,3	50,4
	$y$	72,4	77,2	74,0	75,6
Эспада	$x$	42,1	41,1	42,9	43,7
	$y$	63,2	61,6	64,4	65,6

2. составить таблицу для обработки исходных данных по образцу таблицы 29;

Таблица 29 – Обработка данных конкурсного сортоиспытания

Вариант	Учеты	Средние значения данных по повторениям				$V_x$ $V_y$	
		I	II	III	IV		
	$x$						
	$y$						
	$P_x$ $P_y$						

3. определить общее число всех наблюдений –  $N = ln$ , где,  $l$  – число вариантов;  $n$  – число повторений;

4. вычислить и занести в таблицу суммы значений ряда  $x$  и ряда  $y$  по вариантам  $V_x$  и  $V_y$  (суммы по горизонтальным рядам);

5. вычислить и занести в таблицу суммы значений ряда  $x$  и ряда  $y$  по повторениям  $P_x$  и  $P_y$  (суммы по вертикальным столбцам);

6. вычислить общую сумму всех наблюдений  $\sum x$  и  $\sum y$ ;

7. проверить:  $\sum x = \sum P_x = \sum V_x$ ;  $\sum y = \sum P_y = \sum V_y$ ;

8. вычислить средние значения по вариантам  $\bar{x}_v$  и  $\bar{y}_v$ :

$$\bar{x}_v = \frac{\sum V_x}{n}; \quad \bar{y}_v = \frac{\sum V_y}{n};$$

9. вычислить средние значения по опыту  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$ :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}; \quad \bar{y} = \frac{\sum y}{N};$$

10. вычислить сумму квадратов для ряда  $x$ :

а). поправку –  $C_{(x)} = (\sum x)^2 : N$ ;

б). общую сумму квадратов –  $C_{y(x)} = \sum x^2 - C$ ;

в). сумму квадратов повторений –  $C_{P(x)} = \frac{\sum P_x^2}{l} - C$ ;

г). сумму квадратов по вариантам –  $C_{V(x)} = \frac{\sum V_x^2}{n} - C$ ;

д). сумму квадратов случайного варьирования –  $C_{Z(x)} = C_{y(x)} - C_{P(x)} - C_{V(x)}$ ;

11. вычислить сумму квадратов для ряда  $xy$ :

а). поправку –  $C_{xy} = \frac{(\sum x)(\sum y)}{N}$ ;

б). общую сумму квадратов –  $C_{y(xy)} = \sum xy - C$ ;

в). сумму квадратов повторений –  $C_{P(xy)} = \frac{\sum P_x P_y}{l} - C$ ;

г). сумму квадратов по вариантам –  $C_{V(xy)} = \frac{\sum V_x V_y}{n} - C$ ;

д). сумму квадратов случайного варьирования –  $C_{Z(xy)} = C_{y(xy)} - C_{P(xy)} - C_{V(xy)}$ ;

12. вычислить сумму квадратов для ряда  $y$ :

а). поправку –  $C_{(y)} = (\sum y)^2 : N$ ;

б). общую сумму квадратов –  $C_{y(y)} = \sum y^2 - C$ ;

в). сумму квадратов повторений –  $C_{P(y)} = \frac{\sum P_y^2}{l} - C$ ;

г). сумму квадратов по вариантам –  $C_{V(y)} = \frac{\sum V_y^2}{n} - C$ ;

д). сумму квадратов случайного варьирования –  $C_{Z(y)} = C_{y(y)} - C_{P(y)} - C_{V(y)}$ ;

13. определить коэффициент регрессии –  $b_{yx} = \frac{C_{z(xy)}}{C_{z(x)}}$ ;

14. вычислить сумму квадратов регрессии –  $C_b = \frac{C_{z(xy)}^2}{C_{z(x)}}$ ;

15. определить остаток II – по разности  $C_{z(y)} - C_b$ ;

16. составить таблицу ковариационного анализа по образцу таблицы 30;

Таблица 30 – Группировка данных ковариационного анализа

Источники варьирования	Сумма квадратов			Число степеней свободы	Коэффициент регрессии	Дисперсия $S^2_{(y)}$	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор}}$
	$x$	$xy$	$y$					
Общее	$C_y$	$C_y$	$C_y$	$N - 1$	–	–	–	–
По повторениям	$C_p$	$C_p$	$C_p$	$n - 1$	–	–	–	–
По вариантам	$C_v$	$C_v$	$C_v$	$l - 1$	–	$S^2_v$	$F_v$	$F_{05}$
Случайное (остаток I)	$C_z$	$C_z$	$C_z$	$(n - 1) \times (l - 1)$	–	$S^2_z$	–	$F_{01}$
Регрессии	–	–	$C_b$	1	$b_{y/x}$	$S^2_b$	$F_b$	–
Остаток II	–	–	Ост. II	$(n - 1) \times (l - 1) - 1$	–	$S^2_{\text{ост II}}$	–	–

17. вычислить дисперсии ряда  $y$  по вариантам –  $S^2_v$ , случайного варьирования –  $S^2_z$ , регрессии –  $S^2_b$ , и остатка II –  $S^2_{\text{ост II}}$ :

$$S^2_v = \frac{C_v}{l-1}; \quad S^2_z = \frac{C_z}{(p-1)(l-1)}; \quad S^2_b = C_b;$$

$$S^2_{\text{ост II}} = \frac{\text{Ост. II}}{(p-1)(l-1)-1}$$

18. вычислить критерий Фишера по вариантам и регрессии –  $F_v$  и  $F_b$ :

$$F_v = \frac{S^2_v}{S^2_{\text{ост II}}}; \quad F_b = \frac{S^2_b}{S^2_{\text{ост II}}};$$

19. сравнить фактические критерии Фишера с теоретическими и определить существенность разности средних по вариантам и по регрессии;

20. в случае существенности критерия Фишера регрессии составить таблицу для внесения поправок с целью корректирования результатов на выравненность условий опыта (по образцу таблицы 31). Корректированные значения  $y_1$  вычислить по формуле  $y_1 = \bar{y} + b_{yx}(\bar{x} - \bar{x}_v)$ ;

Таблица 31 – Внесение поправок с целью корректирования результатов по выравненности условий опыта

№ П/П	$\bar{x}_v$	$\bar{x} - \bar{x}_v$	$b_{yx}(\bar{x} - \bar{x}_v)$	Результаты опыта	
				фактические $y_v$	корректированные $y_1 = \bar{y} + b_{yx}(\bar{x} - \bar{x}_v)$

21. вычислить усредненную ошибку разности:

$$S_d = \sqrt{\frac{2S_{\text{остII}}^2}{n}};$$

22. вычислить НСР:  $\text{НСР}_{05} = t_{05} \times S_d$ ;  $\text{НСР}_{01} = t_{01} \times S_d$ ;

23. определить существенность частных различий корректированных данных по вариантам с помощью НСР.

### Вводные пояснения:

В полевых опытах часто приходится сталкиваться с неоднородностью условий эксперимента 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 агрономических мероприятий может зависеть от вариации густоты растений, погодных условий года 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:

$$C_b = \frac{[\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})]^2}{\sum (x - \bar{x})^2}; \quad (107)$$

или

$$C_b = \frac{C_{z(xy)}^2}{C_{z(x)}}; \quad (108)$$

Коэффициент регрессии находят по формуле:

$$b_{yx} = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2}; \quad (109)$$

или

$$b_{yx} = \frac{C_{z(xy)}}{C_{z(x)}}; \quad (110)$$

а существенность отклонения от регрессии – по критерию Фишера. В случае обнаружения существенности влияния регрессии фактические данные (ряд  $y$ ) корректируются по формуле:

$$y_1 = \bar{y} + b_{yx}(x - \bar{x}). \quad (111)$$

### Контрольные вопросы

1. Что такое ковариация?
2. Для чего применяется ковариационный анализ?
3. Нужно ли корректировать полученные данные, если фактические регрессии больше теоретической?

## Занятие 5 (17). Пробит-анализ

### Цель занятия:

1. изучить основы пробит-анализа для данных полученных в полевом опыте.

### Задания:

1. провести пробит-анализ данных, токсического действия препарата Амистар Нэкст в борьбе с септориозом озимой пшеницы. Исходные данные для пробит-анализа взять из таблицы 32;

Таблица 32 – Токсическое действие препарата Амистар Нэкст в борьбе с септориозом озимой пшеницы

Концентрация, %	0,5	0,25	0,1	0,01	0,001
Проросло спор, %	0	0,3	0,7	12,9	39,0

2. провести анализ результатов опыта по изучению воздействия различных концентраций одного из средств защиты растений на патогенный организм с помощью пробит-анализа. Определить ЛД<sub>50</sub>, ЛК<sub>50</sub>, ЛД<sub>80</sub>, ЛК<sub>80</sub>, ЛД<sub>95</sub>, ЛК<sub>95</sub>;

3. построить таблицу пробит-анализа по образцу таблицы 33;

Таблица 33 – Данные пробит-анализа

Доза, концентрация	% прорастания	Место дозы (x)	Пробит (y)	Весовой коэффициент (B)	xB	x <sup>2</sup> B	yB	xyB
Итого	–	–	–	∑B	∑xB	∑x <sup>2</sup> B	∑yB	∑xyB

4. занести в таблицу данные по вариантам доз (концентраций) и соответствующих им процентов прорастания спор;

5. вычислить места доз (x);

6. найти по таблице пробиты для процентов прорастания спор и занести в составляемую таблицу;

7. найти по таблице весовые коэффициенты для соответствующих пробитов и занести в данную таблицу;

8. вычислить промежуточные значения xB, x<sup>2</sup>B, yB, xyB и их суммы;

9. вычислить коэффициенты A<sub>1</sub> и A<sub>0</sub> по формулам:

$$A_1 = \frac{\sum B \times \sum xyB - \sum xB \times \sum yB}{\sum B \times \sum x^2 B - (\sum xB)^2}; \quad A_0 = \frac{\sum yB - (\sum xB) \times A_1}{\sum B}.$$

### Вводные пояснения:

Пробит-анализ является частным случаем корреляционного анализа, когда связь между изучаемыми явлениями выражается кривой регрессии S-образной формы. Такая кривая получается, например, при исследовании состояния посевов озимой пшеницы в зимний период, в зависимости от сроков и интенсивности осеннего кушения.

Математическая обработка данных в зависимости от процента гибели растений, зависящей от сроков и интенсивности их осеннего кушения, заключается в переводе полученных данных в условные единицы, называемые *пробитами*.

Далее представлен пример для проведения пробит-анализа с данными полученными в результате учетов погибших растений озимой пшеницы,

описанный в авторской работе под названием: «Состояние посевов пшеницы мягкой озимой в зимний период в зависимости от сроков и интенсивности осеннего кушения», напечатанной в №1(37) журнала «Вестник АПК Ставрополья» в 2020 году.

Пример. Конкурсное сортоиспытание пшеницы мягкой озимой проводится в целях оценки пригодности к интенсивной технологии производства, урожайности зерна, невосприимчивости к болезням и вредителям и т.д. Однако основной целью все-таки остается определение биологического урожая сортов, который как мы знаем, складывается из густоты продуктивных стеблей, помноженной на массу одного колоса.

В осенне-зимний период вегетации пшеницы закладывается массовая доля будущего урожая, поэтому очень важно с осени, получить своевременные, дружные и полноценные всходы оптимальной густоты.

Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур предписывает при проведении отдельных фенологических наблюдений учитывать некоторые особенности. В частности, начало кушения фиксируется, когда у 10-15% растений появится первый листочек бокового побега из влагалища листа основного стебля.

Учитывая эти рекомендации, необходимо составить таблицы показывающие даты наступления и интенсивность кушения сортов пшеницы мягкой озимой для испытываемых сортов. Это таблицы 34-37, они приведены ниже. Их и необходимо использовать как исходное задание для проведения расчетов методом пробит-анализа.

Как пишут Я.В. Губанов и Н.Н. Иванов (1988), в зависимости от прохождений различных фаз роста, у растений озимой пшеницы изменяется количество листьев, что связано с биологическими особенностями сорта и условиями произрастания. Образование боковых побегов во время кушения по степени интенсивности у разных сортов всегда отличается из-за условий произрастания, отсюда в таблице 35 сгруппированы данные, показывающие разность этого процесса.

Таблица 34 – Фенологические наблюдения начала кушения растений сортов короткостебельного блока пшеницы мягкой озимой

№ п.п.	Сорт	Количество всхожих растений, шт. на 1 м <sup>2</sup>	Число растений (по датам от количества всхожих) у которых началась фаза кушения, шт. на 1 м <sup>2</sup>						
			05.11	06.11	07.11	08.11	09.11	10.11	11.11
1.	<b>Гром</b>	500	*	*	*	*	72	80	88
2.	<b>Таня</b>	506	*	*	*	71	77	83	90
3.	<b>Юбилейная 100</b>	502	*	*	58	78	117	147	182

4.	Агрофак 100	500	*	*	*	*	74	85	104
5.	Батя	502	*	*	55	79	98	119	140
6.	Зодиак	497	*	*	*	*	69	79	93
7.	Лео	501	*	*	62	77	90	104	118
8.	Миг	497	*	*	58	76	93	110	128
9.	Монэ	495	*	*	*	*	72	79	95
10.	Морец	495	*	*	*	*	*	*	74
11.	Ультра 11	506	*	*	58	77	91	107	122
12.	Федор	499	*	*	62	81	98	115	132
13.	Флэш	497	*	*	59	79	95	113	130
14.	Форпост	507	*	*	*	*	71	78	93
15.	Школа	503	*	*	62	82	88	100	109
16.	Богема	507	*	*	59	77	89	101	113
17.	Зернетко 1	501	*	*	*	*	*	*	73
18.	Россыпь	500	*	*	*	*	*	*	74
19.	Сиеста	506	*	*	61	81	94	108	121
20.	Стиль 18	498	*	*	61	78	91	104	117
21.	Царица	504	*	*	57	80	91	102	114
22.	Юбилей Дона	505	51	77	91	93	102	124	140

Примечание: \* – замеры не делались, так как число растений, у которых началась фаза кущения, было менее 10%.

Таблица 35 – Интенсивность кущения сортов пшеницы мягкой озимой

№ п/п	Сорт	Даты наступления начала кущения	Число растений (от количества всхожих) у которых началась фаза кущения, шт. на 1 м <sup>2</sup>	Количество образовавшихся стеблей растений, у которых началась фаза кущения, шт. на 1 м <sup>2</sup>	Общее количество стеблей, шт. на 1 м <sup>2</sup>
1.	<b>Гром</b>	09.11	88	188	600
2.	<b>Таня</b>	08.11	90	193	609
№ п/п	Сорт	Даты наступления начала кущения	Число растений (от количества всхожих) у которых началась фаза кущения, шт. на 1 м <sup>2</sup>	Количество образовавшихся стеблей растений, у которых началась фаза кущения, шт. на 1 м <sup>2</sup>	Общее количество стеблей, шт. на 1 м <sup>2</sup>
3.	<b>Юбилейная 100</b>	07.11	182	388	708
4.	Агрофак 100	09.11	104	222	618
5.	Батя	07.11	140	298	660
6.	Зодиак	09.11	93	198	602
7.	Лео	07.11	118	251	634
8.	Миг	07.11	128	274	643
9.	Монэ	09.11	95	202	602
10.	Морец	11.11	74	157	578



11.	Ультра 11	07.11	122	260	644
12.	Федор	07.11	132	282	649
13.	Флэш	07.11	130	278	645
14.	Форпост	09.11	93	198	612
15.	Школа	07.11	109	233	627
16.	Богема	07.11	113	242	636
17.	Зернетко 1	11.11	73	155	583
18.	Россыпь	11.11	74	159	585
19.	Сиеста	07.11	121	258	643
20.	Стиль 18	07.11	117	249	630
21.	Царица	07.11	114	244	634
22.	Юбилей Дона	05.11	140	300	665

Данные приведенных таблиц, составлены на основе учетов с помощью полевой линейки агронома, входящей в комплект инструментов сортоиспытательных участков. Использование линейки является весьма простым. Краткая инструкция имеет следующий вид:

1. сложить линейку в квадрат (внутренняя сторона квадрата 31,6 см, и, соответственно, внутренняя площадь рамки получается приблизительно 1000 см<sup>2</sup>, или же 1/10 м<sup>2</sup>);

2. определить количество растений в рамке;

3. умножить количество растений на 10.

Пример: стандартный сорт Гром по состоянию на 11 ноября, при наложении полевой линейки агронома, сложенной в рамку, имел:

в I повторении – 9 растений начавших кущение, при этом, первые 2 имели по два формирующихся стебля, 3-е – три стебля, 4-7-е – также по два, 8-9-е – по три; во II повторении – 10 растений начавших кущение, при этом, первые 5 имели по два формирующихся стебля, 6-е – три стебля, остальные – опять по два; в III повторении – было 8 растений начавших кущение, при этом, 1-е имело три формирующихся стебля, а остальные по два; и, наконец, в IV повторении – было 8 растений начавших кущение, при этом, первые 2-а имели два формирующихся стебля, 3-е – три, остальные – по два. Таким образом, сложив 9, 10, 8 и 8, получим 35 с округленным средним арифметическим 8,8; которое умножив на 10 (согласно пункта 3) будет равным 88. Также по числу сформировавшихся стеблей:

$2+2+3+2+2+2+2+3+3+2+2+2+2+2+3+2+2+2+2+3+2+2+2+2+2+2+3+2+2+2+2+2=75$

$75:4 \times 10 = 188$  – образовавшихся стеблей растений (шт. на 1 м<sup>2</sup>), у которых началась фаза кущения. Зная по предыдущим наблюдениям, что полных всходов растений пшеницы сорта Гром было 500 на 1 м<sup>2</sup>, можно рассчитать общее количество образовавшихся стеблей, оно составило:

$$500 - 88 + 188 = 600 \text{ шт. на } 1 \text{ м}^2$$

Таблица 36 – Интенсивность кущения сортов пшеницы мягкой озимой

№ п/п	Сорт	Число растений (от количества всхожих) у которых началась фаза кущения, шт. на 1 м <sup>2</sup>	Количество образовавшихся стеблей растений, у которых началась фаза кущения, шт. на 1 м <sup>2</sup>	Общее количество стеблей, шт. на 1 м <sup>2</sup>
1.	<b>Гром</b>	328	701	965
2.	<b>Таня</b>	290	622	931
3.	<b>Юбилейная 100</b>	272	580	902
4.	Агрофак 100	322	687	956
5.	Батя	345	734	982
6.	Зодиак	277	591	902
7.	Лео	336	714	968
8.	Миг	270	579	898
9.	Монэ	284	603	906
10.	Морец	291	617	911
11.	Ультра 11	316	673	956
12.	Федор	310	660	942
13.	Флэш	321	685	952
14.	Форпост	267	569	899
15.	Школа	324	693	963
16.	Богема	277	594	915
17.	Зернетко 1	318	676	948
18.	Россыпь	328	705	968
19.	Сиеста	329	702	972
20.	Стиль 18	305	649	933
21.	Царица	322	688	962
22.	Юбилей Дона	309	661	949

Наиболее интенсивное кущение наблюдалось у сорта Юбилейная 100, который начал кущение довольно рано – 7 ноября, при этом на 11 ноября уже на 1 м<sup>2</sup> было 182 кустящихся растения, имеющих 388 боковых побега. То есть, коэффициент кущения на эту дату у сорта Юбилейная 100 составил 2,13, но из-за того, что число кустящихся растений (см. таб. 34) у него быстро возрастало, он опередил даже сорт Юбилей Дона, который начал кущение раньше всех других сортов – 5 ноября.

В целом замечено, что сорта, у которых кущение стартовало раньше – более интенсивно формировали боковые побеги. Такая тенденция к 11 ноября сложилась у сортов: Юбилейная 100, Батя, Лео, Миг, Ультра 11, Федор, Флэш, Богема, Сиеста, Стиль 18, Царица, Юбилей Дона.

Чтобы правильно оценить состояние посевов в опытах конкурсного испытания в зимний период, необходимо с осени провести обследование посевов, которое делается до прекращения осенней вегетации. В результате обследования, все испытываемые сорта получили пять баллов (состояние отличное, посев заданной густоты, непереросший, кустистость хорошая,

пожелтение листьев отсутствует), однако мы показываем результаты, которые подчеркивают индивидуальность сортов, учитывая, что кущение растений продолжалось до самого прекращения осенней вегетации.

Как понятно из таблицы 36, растения имели достаточно динамичное осеннее развитие, и ушли в зиму в перспективно хорошем состоянии. Одновременно многие отстававшие сорта выровнялись как по числу растений, у которых протекала фаза кущения, так и по количеству образовавшихся у них боковых побегов.

Однако, учитывая характер резких колебаний погодных условий, зачастую создается целый комплекс негативных факторов. Это вымокание и периодически создающееся выпирание, а также возникающая ледяная корка, и, как итог, различные заболевания. При этом, решающим фактором гибели озимых культур, очень часто становятся критические повреждения узла кущения. Поэтому разработан ряд методов контроля состояния озимых посевов в зимнее время.

Один из таких методов в сортоиспытании озимой пшеницы – отрачивание проб растений (размер пробы 0,3 × 0,3 м). Другой метод заключается в учетах количества погибших растений.

Учеты погибших растений проводится во вторую половину зимы. Интервал между учетами – календарный месяц. Замеры проводятся по двум несмежным повторениям. Данные учетов сводятся по форме таблицы 4.

Как показывают данные таблицы, изреженность по последнему сроку учета на уровне выше средней (>7%), наблюдалась у сортов Морец (9,5%), Монэ (8,3%), Ультра 11, Форпост, Сиеста (по 8,2%), Таня и Богема (по 8,1%), а также Юбилейная 100, Миг, Флэш, Царица (по 7,1%). Наилучшие результаты показал сорт Агрофак 100, процент погибших растений по которому составил 5,7, и, следовательно, выживаемость его растений была наиболее высокой – 94,3%. Немного отстали от него сорта Гром, Зодиак, Лео, Школа, Зернетко 1. Здесь процент погибших растений составил 5,8, а выживаемость соответственно – 94,2%. Также неплохо показали себя сорта Федор и Стиль 18.

Таблица 37 – Состояние посевов пшеницы мягкой озимой (низкостебельный блок)

№ п/п	Сорт	Число растений в пробе, шт.		Число погибших растений, шт.		Процент погибших растений	
		1 учет	2 учет	1 учет	2 учет	1 учет	2 учет
1.	<b>Гром</b>	45,0	43,0	2,0	2,5	4,4	5,8
2.	<b>Таня</b>	45,5	43,0	2,5	3,5	5,5	8,1
3.	<b>Юбилейная 100</b>	45,0	42,5	2,5	3,0	5,6	7,1
4.	<b>Агрофак 100</b>	45,0	43,5	1,5	2,5	3,3	5,7
5.	<b>Батя</b>	45,0	43,0	2,0	3,0	4,4	7,0
6.	<b>Зодиак</b>	44,5	43,0	1,5	2,5	3,4	5,8
7.	<b>Лео</b>	45,0	43,0	2,0	2,5	4,4	5,8
8.	<b>Миг</b>	44,5	42,5	2,0	3,0	4,5	7,1
9.	<b>Монэ</b>	44,5	42,0	2,5	3,5	5,6	8,3

10.	Морец	44,5	42,0	2,5	4,0	5,6	9,5
11.	Ультра 11	45,5	42,5	3,0	3,5	6,6	8,2
12.	Федор	44,5	42,5	2,0	2,5	4,5	5,9
13.	Флэш	44,5	42,0	2,5	3,0	5,6	7,1
14.	Форпост	45,5	42,5	3,0	3,5	6,6	8,2
15.	Школа	45,0	43,0	2,0	2,5	4,4	5,8
16.	Богема	45,5	43,0	2,5	3,5	5,5	8,1
17.	Зернетко 1	45,0	43,0	2,0	2,5	4,4	5,8
18.	Россыпь	45,0	43,5	1,5	3,0	3,3	6,9
19.	Сиеста	45,5	42,5	3,0	3,5	6,6	8,2
20.	Стиль 18	44,5	42,0	2,5	2,5	5,6	6,0
21.	Царица	45,0	42,5	2,5	3,0	5,6	7,1
22.	Юбилей Дона	45,0	43,0	2,0	3,0	4,4	7,0

Необходимо отметить, что математическая обработка данных, представленных в такой форме, очень сложна. В опытах по защите растений, например, для этих целей используют специальный статистический метод – пробит-анализ, где выражение гибели подопытных растений, трансформируется в условные вероятностные величины, называемые пробит (от английского *probability unit* – вероятностная единица).

Для выяснения зависимости гибели растений пшеницы в зимний период от осеннего состояния её посева необходимо построить таблицу пробит-анализа. Сгруппировав данные таблиц 36 и 37, вносим их в первые два столбца таблицы 38 (по возрастанию количества стеблей растений пшеницы перед окончанием осенней вегетации).

Далее вычисляется место количества стеблей по методу наименьших квадратов, при котором количество стеблей переводится в условные единицы, с минимальным показателем равным 1. Остальные показатели вычисляют как частное от деления определенного показателя ( $N$ ) на минимальный ( $N = 898$ ).

Следующий этап – находим пробиты для процентов гибели растений. Для этого используется таблица 122 из учебника Б.А. Доспехова – Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). В расчетах необходимо принимать дополнительные средние пробитов. Также, пользуясь таблицей 32 практикума по методике опытного дела в защите растений (В.Ф. Пересыпкин, С.Н. Коваленко, В.С. Шелестова, М.К. Асатур), находим весовые коэффициенты пробитов.

Таблица 38 – Результаты опыта по выяснению состояния посевов пшеницы мягкой озимой в зимний период, в зависимости от осеннего кушения

Количество стеблей растений пшеницы перед окончанием осенней вегетации, шт. на 1 м <sup>2</sup> (N)	% гибели растений на последний срок учета	Место количества стеблей (x)	Пробит (y)	Весовой коэффициент пробитов (B)	xB	x <sup>2</sup> B	yB	xyB
898	7,1	1,000	3,53	2,0	2,000	2,000	7,06	7,060
899	8,2	1,001	3,60	2,3	2,303	2,305	8,28	8,289
902	5,8	1,004	3,43	1,8	1,808	1,816	6,17	6,202
902	7,1	1,004	3,53	2,0	2,009	2,018	7,06	7,091
906	8,3	1,009	3,61	2,3	2,320	2,341	8,30	8,377
911	9,5	1,014	3,69	2,6	2,638	2,676	9,59	9,733
915	8,1	1,019	3,60	2,3	2,344	2,388	8,28	8,437
931	8,1	1,037	3,60	2,3	2,385	2,472	8,28	8,584
933	6,0	1,039	3,45	2,0	2,078	2,159	6,90	7,169
942	5,9	1,049	3,44	1,8	1,888	1,981	6,19	6,495
948	5,8	1,056	3,43	1,8	1,900	2,006	6,17	6,518
949	7,0	1,057	3,52	2,0	2,114	2,234	7,04	7,440
952	7,1	1,060	3,53	2,0	2,120	2,248	7,06	7,485
956	5,7	1,065	3,42	1,8	1,916	2,040	6,16	6,554
956	8,2	1,065	3,60	2,3	2,449	2,607	8,28	8,815
962	7,1	1,071	3,53	2,0	2,143	2,295	7,06	7,563
963	5,8	1,072	3,43	1,8	1,930	2,070	6,17	6,621
965	5,8	1,075	3,43	1,8	1,934	2,079	6,17	6,635
968	5,8	1,078	3,43	1,8	1,940	2,092	6,17	6,655
968	6,9	1,078	3,51	2,0	2,156	2,324	7,02	7,567
972	8,2	1,082	3,60	2,3	2,490	2,695	8,28	8,962
982	7,0	1,094	3,52	2,0	2,187	2,392	7,04	7,699
Итого:	-	-	-	$\Sigma B = 45,0$	$\Sigma xB = 47,1$	$\Sigma x^2B = 49,2$	$\Sigma yB = 158,8$	$\Sigma xyB = 165,9$

После вычисления промежуточных значений  $xB$ ,  $x^2B$ ,  $yB$  и  $xyB$ , а также их сумм и занесения их в таблицу 38, вычисляем коэффициенты  $A_1$  и  $A_0$ :

$$A_1 = \frac{\Sigma B \times \Sigma xyB - \Sigma xB \times \Sigma yB}{\Sigma B \times \Sigma x^2B - (\Sigma xB)^2} = \frac{45 \times 165,9 - 47,1 \times 158,8}{45 \times 49,2 - (47,1 \times 47,1)} = 3,17; \quad (112)$$

$$A_0 = \frac{\Sigma yB - (\Sigma xB) \times A_1}{\Sigma B} = \frac{158,8 - 47,1 \times 3,17}{45} = 0,21. \quad (113)$$

Таким образом, расчет необходимого количества стеблей растений пшеницы перед окончанием осенней вегетации для обеспечения среднего процента выживаемости растений проводится по формуле:

$$N_n = \frac{y_n - A_0}{A_1} \times N_{\min} . \quad (114)$$

Итоговые расчетные данные сводим в таблицу 39.

Таблица 39 – Расчет необходимого количества стеблей растений пшеницы перед окончанием осенней вегетации для обеспечения процента выживаемости

№ п/п	Сорт	Общее количество учтенных стеблей, шт. на 1 м <sup>2</sup>	Необходимое количество стеблей, шт. на 1 м <sup>2</sup>
1.	<b>Гром</b>	965	912
2.	<b>Таня</b>	931	960
3.	<b>Юбилейная 100</b>	902	940
4.	Агрофак 100	956	909
5.	Батя	982	938
6.	Зодиак	902	912
7.	Лео	968	912
8.	Миг	898	940
9.	Монэ	906	963
10.	Морец	911	986
11.	Ультра 11	956	960
12.	Федор	942	915
13.	Флэш	952	940
14.	Форпост	899	960
15.	Школа	963	912
16.	Богема	915	960
17.	Зернетко 1	948	912
18.	Россыпь	968	935
19.	Сиеста	972	960
20.	Стиль 18	933	918
21.	Царица	962	940
22.	Юбилей Дона	949	938

**Выводы:** 1. Подводя итог выживаемости растений сортов пшеницы мягкой озимой в конкурсном испытании зимнего периода вегетации, теперь определенно точно можно сказать, какие сорта более адаптированы к условиям Карачаево-Черкесии. 2. Хорошая приспособляемость, путем формирования более чем достаточного количества стеблей оказалась у таких сортов как: Гром, Агрофак 100, Батя, Лео, Федор, Флэш, Школа, Зернетко 1, Россыпь, Сиеста, Стиль 18, Царица и Юбилей Дона.

### Контрольные вопросы

1. Что такое пробит-анализ и для чего он применяется?
2. Как трансформируются опытные данные в пробит-анализе?

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа – понимается как работа обучающихся вне аудитории. Она включает следующие виды деятельности: проработку лекционного материала; выполнение учебных заданий изучаемых дисциплин; изучение дополнительных тем по учебникам и учебным пособиям, а также использование научной литературы и ресурсов интернета; конспектирование текстов и их аналитическую обработку (аннотирование и реферирование); ответы на контрольные вопросы; подготовку к семинарам, коллоквиумам, компьютерное тестирование.

Самостоятельная работа должна быть следствием правильно организованной учебной деятельности на аудиторных занятиях. Предложенный в учебно-методическом пособии учебный материал и форма его изложения, нацеливают обучающихся самостоятельно углублять и развивать полученные знания. С этой целью важно ознакомить будущих бакалавров с принципами и особенностями практического применения полученных знаний для визуальных наблюдений и инструментальных методов анализа.

Одним из завершающих этапов самостоятельной работы может быть самотестирование. Тесты – способ контроля полученных знаний. Также, для контроля полученных знаний, в учебном пособии приводятся контрольные вопросы в конце практических занятий по дисциплине.

### **Вопросы для самостоятельного изучения дисциплины**

1. Роль отечественных и зарубежных ученых в разработке методов агрономических исследований.
2. Современное состояние опытного дела в агрономии.
3. Организация и сеть опытных учреждений в России.
4. Классификация методов размещения вариантов.
5. Эффективность систематического и рендомизированного размещения вариантов.
6. Рендомизированные методы размещения вариантов.
7. Особенности условий проведения полевого опыта.
8. Выбор и подготовка земельного участка для опыта.
9. Особенности проведения опытов в условиях орошения.
10. Опыты по защите почв от водной эрозии.
11. Опыты по защите почв от ветровой эрозии.
12. Опыты на полях, защищенных лесными полосами.
13. Опыты с овощными, плодовыми культурами и виноградом.
14. Опыты на сенокосах и пастбищах.
15. Распределение частот и их графическое изображение.
16. Малые и большие выборки при вычислении статистических характеристик количественной изменчивости признака.
17. Значение критерия хи-квадрат.

18. Таблицы случайных чисел.
19. Оценка существенности разностей между средними, преобразования.
20. Дисперсионный анализ данных вегетационного опыта.
21. Корреляция качественных признаков.
22. Определение коэффициента исследуемости.
23. Применение новых статистических методов для планирования и обработки результатов агрономических исследований (метод интегральных кривых, факторный, компонентный, кластерный, информационно-логический).
24. Обработка данных многолетних и длительных экспериментов с использованием динамических моделей.

### Тесты

1. Число свободно варьирующих величин, в простейшем случае равно числу всех наблюдений, уменьшенному на единицу, это:
  - а). число делянок;
  - б). число вариантов;
  - в). число повторений;
  - г). число степеней свободы;
  - д). число степеней несвободы.
2. Многофакторный опыт, схема которого включает все возможные сочетания факторов, это:
  - а). полевой опыт;
  - б). вегетационный опыт;
  - в). факториальный опыт;
  - г). производственный опыт;
  - д). житейский опыт.
3. Метод учёта урожая, при котором взвешивают и учитывают всю товарную часть продукции со всей площади каждой учётной делянки опыта, это:
  - а). выборочный учёт;
  - б). сплошной учёт;
  - в). основной учёт;
  - г). относительный учёт;
  - д). бухгалтерский учёт.
4. В агрономических исследованиях риск сделать ошибочное заключение, выражаемый в процентах (чаще всего допускается 5% и 1%), это:
  - а). уровень разности;
  - б). уровень дисперсии;
  - в). уровень опыта;



- г). уровень значимости;
  - д). уровень знаний.
5. Соответствие проведения опыта почвенно-климатическим и агротехническим условиям сельскохозяйственного производства данной зоны, это:
- а). типичность;
  - б). нетипичность;
  - в). значимость;
  - г). повторность.
  - д). дискретность.
6. Совокупность опытных и контрольных вариантов, объединенных общей идеей, это:
- а). схема статистического анализа;
  - б). схема вариации;
  - в). схема корреляции;
  - г). схема опыта;
  - д). схема местности.
7. Часть площади опытного участка, включающая деланки с полным набором вариантов схемы опыта, это:
- а). повторение;
  - б). повторность;
  - в). блок;
  - г). латинский квадрат;
  - д). бермудский треугольник.
8. Число одноименных деланок каждого варианта в полевом опыте, это:
- а). типичность;
  - б). значимость;
  - в). повторность;
  - г). вариация;
  - д). вероятность.
9. Схема размещения вариантов, при которой они следуют в каждом из повторений упорядоченно, это:
- а). рендомизированное размещение вариантов;
  - б). систематическое размещение вариантов;
  - в). расщеплённое размещение вариантов;
  - г). последовательное размещение вариантов;
  - д). параллельное размещение вариантов.
10. Сплошной посев одной культуры, предшествующий закладке опыта и проводимый для выявления степени однородности почвенного плодородия на площади опыта, это:
- а). производственный посев;
  - б). непроизводственный посев;
  - в). предшествующий посев;
  - г). рекогносцировочный посев;

д). стандартный посев.

11. Комплексные исследования, которые проводятся в производственных условиях бригадами, отделениями, хозяйствами или группой хозяйств и отвечающие конкретным задачам производства, его развития и совершенствования, это:

- а). полевой опыт;
- б). вегетационный опыт;
- в). факториальный опыт;
- г). производственный опыт;
- д). многофакторный опыт.

12. Ошибка средней, выраженная в процентах от соответствующей средней, это:

- а). сравнительная ошибка;
- б). вероятная ошибка;
- в). относительная ошибка;
- г). средняя ошибка;
- д). ошибка природы.

13. Исследование, осуществляемое на специально выделенном участке для оценки действия различных вариантов на урожай растений и его качество, это:

- а). опыт;
- б). производство;
- в). рекогносцировка;
- г). ковариация;
- д). дисперсия.

14. Величина, указывающая границу возможных случайных отклонений в эксперименте, это:

- а). наибольшая существенная разность;
- б). наибольшая несущественная разность;
- в). наименьшая существенная разность;
- г). наименьшая несущественная разность;
- д). наиболее существенное совпадение.

15. Эксперимент, в котором варианты по делянкам размещены в случайном порядке по таблице случайных чисел или по жребию, это:

- а). метод рендомизированных повторений;
- б). метод систематизированных повторений;
- в). метод расщепленных повторений;
- г). метод значимых повторений;
- д). метод незначимых повторений.

16. Эксперимент, в котором делянки одного опыта используют как блоки для другого, это:

- а). метод рендомизированных делянок;
- б). метод систематизированных делянок;
- в). метод расщепленных делянок;

- г). метод значимых делянок;
- д). метод незаконных делянок.

17. Методика полевого опыта должна включать:

- а). число вариантов и систему их размещения;
- б). площадь делянок, их форму и направление;
- в). повторность на территории и организацию опыта во времени;
- г). учет урожая и статистического анализа данных;
- д). все вышеперечисленные элементы.

18. Схема рендомизированного размещения вариантов в опыте, в котором число повторений равно числу вариантов, а общее число делянок равно квадрату числа вариантов, это:

- а). латинский прямоугольник;
- б). латинский квадрат;
- в). рендомизированное повторение;
- г). блок;
- д). круговая оборона.

19. Число, показывающее, в каком направлении и на какую величину изменяется в среднем зависимая переменная при изменении независимой переменной на единицу измерения, это:

- а). коэффициент вариации;
- б). коэффициент корреляции;
- в). коэффициент регрессии;
- г). коэффициент значимости;
- д). коэффициент незначительности.

20. Статистический показатель тесноты связи, это:

- а). коэффициент вариации;
- б). коэффициент корреляции;
- в). коэффициент регрессии;
- г). коэффициент значимости;
- д). коэффициент незначительности.

21. Относительный показатель изменчивости признака, представляющий отношение стандартного отклонения к средней арифметической, выраженное в процентах, это:

- а). коэффициент вариации;
- б). коэффициент корреляции;
- в). коэффициент регрессии;
- г). коэффициент значимости;
- д). коэффициент незначительности.

22. Статистический метод определения тесноты и формы связи между признаками, это:

- а). дисперсионный анализ;
- б). ковариационный анализ;
- в). корреляционный анализ;
- г). пробит-анализ;
- д). регрессивный анализ.

23. Как называется один или несколько вариантов, с которыми сравниваются опытные варианты:

- а). выключка;
- б). блок;
- в). опыт;
- г). контроль;
- д). все перечисленные элементы.

24. Как называются краевые части делянок, которые не подвергаются учёту и служат для исключения растений соседних вариантов, для предохранения учетной части делянок от случайных повреждений, для разворота машин и орудий и т.п.:

- а). защитные полосы;
- б). варианты;
- в). повторения;
- г). повторности;
- д). блоки.

25. Метод анализа результатов эксперимента, заключающийся в разложении общей изменчивости результативного признака на компоненты, соответствующие повторениям, вариантам, ошибкам случайного порядка и т.д., в котором значимость действия и взаимодействия изучаемых факторов оценивают по  $F$  и  $HCP_{0,5}$ , это:

- а). дисперсионный анализ;
- б). ковариационный анализ;
- в). корреляционный анализ;
- г). пробит-анализ;
- д). регрессивный анализ.

26. Как называется элементарная единица опыта, имеющая определённые размер и форму и предназначенная для размещения отдельного варианта:

- а). блок;
- б). делянка учетная;
- в). делянка опытная;
- г). вариант опыта;
- д). повторение.

27. Часть учётной делянки, исключенная из учёта из-за случайных повреждений или ошибок, допущенных при проведении опыта, это:

- а). выключка;
- б). блок;
- в). опыт;
- г). контроль;
- д). все перечисленные элементы.

28. Мера объективной возможности события, отношение числа благоприятных случаев к общему числу всех возможных случаев, это:

- а). закономерность;

- б). значимость;
- в). изменчивость;
- г). вероятность;
- д). очевидное невероятное.

29. Ряд данных, в которых указаны значения варьирующего признака в порядке возрастания или убывания и соответствующие им численности объектов – частоты, это:

- а). вариационный ряд;
- б). ковариационный ряд;
- в). корреляционный ряд;
- г). калачный ряд;
- д). все перечисленные элементы.

30. Как называется размещение в опыте изучаемых растений, либо сортов, или размещение растений в различных условиях возделывания и т.д.:

- а). блок;
- б). делянка учетная;
- в). делянка опытная;
- г). вариант опыта;
- д). повторение.

31. Часть повторения, компактная группа нескольких делянок опыта, это:

- а). блок;
- б). делянка учетная;
- в). делянка опытная;
- г). вариант опыта;
- д). повторение.

32. Распределение, отличающееся от нормального увеличением частот правой или левой части вариационной кривой, это:

- а). симметричное распределение;
- б). дисперсное распределение;
- в). ассиметричное или скошенное распределение;
- г). статистическое распределение;
- д). финансовое распределение.

33. Как называется свойство условных единиц – растений, урожаев на параллельных делянках полевого опыта и т.п. отличаться друг от друга даже в однородных совокупностях:

- а). типичность;
- б). значимость;
- в). повторность;
- г). вариабельность;
- д). вероятность.

34. Как называется разновидность стандартного размещения вариантов, при котором контрольный вариант (стандарт) размещается через два опытных:

- а). ямб-метод;
- б). метод расщеплённых делянок;
- в). дактиль-метод;
- г). метод рендомизированных делянок;
- д). хорей-метод.

35. Как называется часть площади опытной делянки, предназначенной для учета урожая (без боковых и концевых защиток):

- а). блок;
- б). делянка учетная;
- в). делянка опытная;
- г). вариант опыта;
- д). повторение.

36. Показатель вариации, изменчивости изучаемого признака, это:

- а). корреляция основная;
- б). корреляция выборочная;
- в). дисперсия основная;
- г). дисперсия выборочная;
- д). регрессия выборочная.

37. 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, это:

- а). существенность опыта;
- б). достоверность опыта;
- в). возможности опыта;
- г). рациональность опыта;
- д). замысел опыта.

38. Учет урожая рекогносцировочного посева одинаковыми делянками, это:

- а). дробный учет;
- б). блочный учет;
- в). поделяночный учет;
- г). вариативный учет;
- д). повторный учет.

39. Краевые (боковые и концевые) 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 и т.п., это:

- а). торцевые полосы;
- б). делянки учетные;
- в). буферные полосы;
- г). защитные полосы;
- д). взлетные полосы.

40. Мера объективной возможности (риск) сделать ошибочное заключение при оценке результатов опыта, это:

- а). типичность;
- б). нетипичность;
- в). значимость;
- г). повторность.
- д). дискретность.

41. Вариабельность, вариация, колеблемость индивидуальных значений признаков  $X$  около среднего значения  $x$ , это:

- а). закономерность;
- б). значимость;
- в). изменчивость;
- г). вероятность;
- д). очевидное невероятное.

42. Поправка в дисперсионном анализе при расчете сумм квадратов отклонений от условной и средней произвольного начала. Обозначается буквой  $C$ , это:

- а). корректирующий фактор;
- б). поправочный коэффициент;
- в). коэффициент изменчивости;
- г). дисперсионная поправка;
- д). судебный фактор.

43. Процент (доля) изменений, которые в определенном явлении зависят от изучаемого фактора; равняется квадрату коэффициента корреляции, называется:

- а). корректирующий фактор;
- б). поправочный коэффициент;
- в). коэффициент изменчивости;
- г). дисперсионная поправка;
- д). коэффициент детерминации.

44. Схема рендомизированного (случайного) размещения вариантов в полевого опыта. В основе лежит латинский квадрат, который и определяет повторность опыта, число рядов и столбцов. Число вариантов должно быть кратным повторности ( $4 \times 4 \times 3$ ), (повторность  $n = 4$ , число вариантов  $l = 4, 4 \times 3 = 12$ ), называется:

- а). латинский прямоугольник;
- б). латинский квадрат;
- в). рендомизированное повторение;
- г). блок;
- д). круговая оборона.

45. Мера расхождения между результатами выборочного исследования и истинным значением измеряемой величины, это:

- а). существенность опыта;
- б). достоверность опыта;

- в). возможности опыта;
- г). рациональность опыта;
- д). ошибка опыта.

46. Метод учета урожая, при котором всю товарную часть продукции (зерно, клубни, волокно, сено и т.п.) взвешивают и учитывают со всей площади каждой учетной деланки полевого опыта, это:

- а). дробный учет урожая;
- б). учет урожая по пробным снопам;
- в). сплошной учет урожая;
- г). вариативный учет урожая;
- д). повторный учет урожая.

47. Как называется расположение полевого опыта, когда порядок следования вариантов в каждом повторении определяется по жребью или таблице случайных чисел:

- а). рендомизированное размещение вариантов;
- б). систематическое размещение вариантов;
- в). стандартное размещение вариантов;
- г). шахматное размещение вариантов;
- д). параллельное размещение вариантов.

48. Как называется расположение полевого опыта, когда контрольные варианты (стандарты) располагаются через 1-2 опытных варианта:

- а). рендомизированное размещение вариантов;
- б). систематическое размещение вариантов;
- в). стандартное размещение вариантов;
- г). шахматное размещение вариантов;
- д). параллельное размещение вариантов.

49. Как называется 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:

- а). рендомизированное размещение вариантов;
- б). систематическое размещение вариантов;
- в). стандартное размещение вариантов;
- г). шахматное размещение вариантов;
- д). параллельное размещение вариантов.

50. Как называется разновидность стандартного размещения вариантов, при котором опытный вариант чередуется со стандартом:

- а). ямб-метод;
- б). метод расщеплённых деланок;
- в). дактиль-метод;
- г). метод рендомизированных деланок;
- д). хорей-метод.



51. Метод учета урожая, при котором взвешивают и учитывают общую массу урожая со всей площади каждой учетной делянки, а товарную его часть (зерно, сено и т.п.) рассчитывают по данным учета с пробных снопов, отбираемых от общей массы урожая перед её взвешиванием в поле, называется:

- а). дробный учет урожая;
- б). учет урожая по пробным снопам;
- в). сплошной учет урожая;
- г). вариативный учет урожая;
- д). повторный учет урожая.

52. Исполнителем опытов на определенный календарный год составляются и утверждаются на заседании кафедры или совещании отдела:

- а). первичные текущие документы;
- б). рабочий план;
- в). сводные документы;
- г). вспомогательные документы;
- д). отчет о проведении полевого опыта.

53. Что является заключительным этапом экспериментальной работы:

- а). первичные текущие документы;
- б). рабочий план;
- в). сводные документы;
- г). вспомогательные документы;
- д). отчет о проведении полевого опыта.

54. Сводным документом, содержащим все необходимые материалы для дальнейших обобщений и выводов является:

- а). дневник полевых работ;
- б). рабочая программа;
- в). журнал полевого опыта;
- г). рабочие тетради;
- д). отчет о проведении полевого опыта.

55. В ходе проведения опыта исследователь в хронологическом порядке каждый день записывает все агротехнические работы, учеты и наблюдения за условиями внешней среды и растениями в:

- а). дневник полевых работ;
- б). рабочую программу;
- в). журнал полевого опыта;
- г). рабочие тетради;
- д). отчет о проведении полевого опыта.

56. Подробные записи, касающиеся характеристики почвы, способов ее обработки, системы удобрения, подготовки семян к посеву, ухода за посевами, норм и сроков применения пестицидов и т.д. делаются в:

- а). дневнике полевых работ;
- б). рабочей программе;
- в). журнале полевого опыта;
- г). рабочих тетрадях;
- д). отчете о проведении полевого опыта.

57. Совокупность всех объектов (единиц), относительно которых предполагается делать выводы при изучении конкретной задачи, это:

- а). выборочная совокупность;
- б). рендомизированная совокупность;
- в). систематическая совокупность;
- г). генеральная совокупность;
- д). стандартная совокупность.

58. Как называется предположение об отсутствии реального различия между фактическими и теоретическими ожидаемыми наблюдениями:

- а). статистическая гипотеза;
- б). рабочая гипотеза;
- в). нулевая гипотеза;
- г). фактическая гипотеза;
- д). альтернативная гипотеза.

59. Какой критерий применяют, когда необходимо установить соответствие двух сравниваемых рядов распределения – эмпирического и теоретического или двух эмпирических:

- а). критерий Стьюдента;
- б). критерий хи-квадрат;
- в). критерий Фишера;
- г). тау критерий;
- д). критерий ха-квадрат.

60. Как называются стандартные таблицы, в которые сводится всё разнообразие схем многофакторных опытов:

- а). таблицы планирования;
- б). матрицы наблюдения;
- в). таблицы наблюдения;
- г). матрицы планирования;
- д). таблицы выборки.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица 40 – Коэффициенты перевода массы зерна (семян)  
многолетних бобовых трав к массе при влажности 13%

Целые проценты влажности	Десятые доли процента влажности									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	1,092	1,091	1,090	1,089	1,087	1,086	1,085	1,084	1,083	1,082
6	1,080	1,079	1,078	1,077	1,076	1,075	1,074	1,072	1,071	1,070
7	1,069	1,068	1,067	1,066	1,064	1,063	1,062	1,061	1,060	1,059
8	1,057	1,056	1,055	1,054	1,053	1,052	1,051	1,049	1,048	1,047
9	1,046	1,045	1,044	1,043	1,041	1,040	1,039	1,038	1,037	1,036
10	1,034	1,033	1,032	1,031	1,030	1,029	1,028	1,026	1,025	1,024
11	1,023	1,022	1,021	1,020	1,018	1,017	1,016	1,015	1,014	1,013
12	1,011	1,010	1,009	1,008	1,007	1,006	1,005	1,003	1,002	1,001
13	1,000	0,999	0,998	0,997	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,990
14	0,989	0,987	0,986	0,985	0,984	0,983	0,982	0,980	0,979	0,978
15	0,977	0,976	0,975	0,974	0,972	0,971	0,970	0,969	0,968	0,967
16	0,966	0,964	0,963	0,962	0,961	0,960	0,959	0,957	0,956	0,955
17	0,954	0,953	0,952	0,951	0,949	0,948	0,947	0,946	0,945	0,944
18	0,943	0,941	0,940	0,939	0,938	0,937	0,936	0,934	0,933	0,932
19	0,931	0,930	0,929	0,928	0,926	0,925	0,924	0,923	0,922	0,921
20	0,920	0,918	0,917	0,916	0,915	0,914	0,913	0,911	0,910	0,909
21	0,908	0,907	0,906	0,905	0,903	0,902	0,901	0,900	0,899	0,898
22	0,897	0,895	0,894	0,893	0,892	0,891	0,890	0,889	0,887	0,886
23	0,885	0,884	0,883	0,882	0,880	0,879	0,878	0,877	0,876	0,875
24	0,874	0,872	0,871	0,870	0,869	0,868	0,867	0,866	0,864	0,863
25	0,862	0,861	0,860	0,859	0,857	0,856	0,855	0,854	0,853	0,852
26	0,851	0,849	0,848	0,847	0,846	0,845	0,844	0,843	0,841	0,840
27	0,839	0,838	0,837	0,836	0,834	0,833	0,832	0,831	0,830	0,829
28	0,828	0,826	0,825	0,824	0,823	0,822	0,821	0,820	0,818	0,817
29	0,816	0,815	0,814	0,813	0,811	0,810	0,809	0,808	0,807	0,806
30	0,805	0,803	0,802	0,801	0,800	0,799	0,798	0,797	0,795	0,794
31	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,787	0,786	0,785	0,784	0,783
32	0,782	0,780	0,779	0,778	0,777	0,776	0,775	0,774	0,772	0,771
33	0,770	0,769	0,768	0,767	0,766	0,764	0,763	0,762	0,761	0,760
34	0,759	0,757	0,756	0,755	0,754	0,753	0,752	0,751	0,749	0,748
35	0,747	0,746	0,745	0,744	0,743	0,741	0,740	0,739	0,738	0,737

Таблица 41 – Коэффициенты перевода массы зерна (семян) культур:  
пшеница, тритикале, ячмень, рожь, овес, гречиха, просо, рис, горох,  
фасоль, маш, чечевица, чина, нут, сорго, соя, эспарцет, к массе при влажности  
14%

Целые проценты влажности	Десятые доли процента влажности									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	1,105	1,103	1,102	1,101	1,100	1,099	1,098	1,097	1,095	1,094
6	1,093	1,092	1,091	1,090	1,088	1,087	1,086	1,085	1,084	1,083
7	1,081	1,080	1,079	1,078	1,077	1,076	1,074	1,073	1,072	1,071
8	1,070	1,069	1,067	1,066	1,065	1,064	1,063	1,062	1,060	1,059
9	1,058	1,057	1,056	1,055	1,053	1,052	1,051	1,050	1,049	1,048
10	1,047	1,045	1,044	1,043	1,042	1,041	1,040	1,038	1,037	1,036
11	1,035	1,034	1,033	1,031	1,030	1,029	1,028	1,027	1,026	1,024
12	1,023	1,022	1,021	1,020	1,019	1,017	1,016	1,015	1,014	1,013
13	1,012	1,010	1,009	1,008	1,007	1,006	1,005	1,003	1,002	1,001
14	1,000	0,999	0,998	0,997	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,990
15	0,988	0,987	0,986	0,985	0,984	0,983	0,981	0,980	0,979	0,978
16	0,977	0,976	0,974	0,973	0,972	0,971	0,970	0,969	0,967	0,966
17	0,965	0,964	0,963	0,962	0,960	0,959	0,958	0,957	0,956	0,955
18	0,953	0,952	0,951	0,950	0,949	0,948	0,947	0,945	0,944	0,943
19	0,942	0,941	0,940	0,938	0,937	0,936	0,935	0,934	0,933	0,931
20	0,930	0,929	0,928	0,927	0,926	0,924	0,923	0,922	0,921	0,920
21	0,919	0,917	0,916	0,915	0,914	0,913	0,912	0,910	0,909	0,908
22	0,907	0,906	0,905	0,903	0,902	0,901	0,900	0,899	0,898	0,897
23	0,895	0,894	0,893	0,892	0,891	0,890	0,888	0,887	0,886	0,885
24	0,883	0,882	0,881	0,880	0,879	0,878	0,877	0,876	0,874	0,873
25	0,872	0,871	0,870	0,869	0,867	0,866	0,865	0,864	0,863	0,862
26	0,860	0,859	0,858	0,857	0,856	0,855	0,853	0,852	0,851	0,850
27	0,849	0,848	0,847	0,845	0,844	0,843	0,842	0,841	0,840	0,838
28	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,831	0,830	0,829	0,828	0,827
29	0,826	0,824	0,823	0,822	0,821	0,820	0,819	0,817	0,816	0,815
30	0,814	0,813	0,812	0,810	0,809	0,808	0,807	0,806	0,805	0,803
31	0,802	0,801	0,800	0,799	0,798	0,797	0,795	0,794	0,793	0,792
32	0,791	0,790	0,788	0,787	0,786	0,785	0,784	0,783	0,781	0,780
33	0,779	0,778	0,777	0,776	0,774	0,773	0,772	0,771	0,770	0,769
34	0,767	0,766	0,765	0,764	0,763	0,762	0,760	0,759	0,758	0,757
35	0,756	0,755	0,753	0,752	0,751	0,750	0,749	0,748	0,747	0,745
36	0,744	0,743	0,742	0,741	0,740	0,738	0,737	0,736	0,735	0,734
37	0,733	0,731	0,730	0,729	0,728	0,727	0,726	0,724	0,723	0,722
38	0,721	0,720	0,719	0,717	0,716	0,715	0,714	0,713	0,712	0,710
39	0,709	0,708	0,707	0,706	0,705	0,703	0,702	0,701	0,700	0,699
40	0,698	0,697	0,695	0,694	0,693	0,692	0,691	0,690	0,688	0,687
41	0,686	0,685	0,684	0,683	0,681	0,680	0,679	0,678	0,677	0,676

42	0,674	0,673	0,672	0,671	0,670	0,669	0,667	0,666	0,665	0,664
43	0,663	0,662	0,660	0,659	0,658	0,657	0,656	0,655	0,653	0,652
44	0,651	0,650	0,649	0,648	0,647	0,645	0,644	0,643	0,642	0,641
45	0,640	0,638	0,637	0,636	0,635	0,634	0,633	0,631	0,630	0,629
46	0,628	0,627	0,626	0,624	0,623	0,622	0,621	0,620	0,619	0,617
47	0,616	0,615	0,614	0,613	0,612	0,610	0,609	0,608	0,607	0,606
48	0,605	0,603	0,602	0,601	0,600	0,599	0,598	0,597	0,595	0,594
49	0,593	0,592	0,591	0,590	0,588	0,587	0,586	0,585	0,584	0,583
50	0,581	0,580	0,579	0,578	0,577	0,576	0,574	0,573	0,572	0,571

Таблица 42 – Коэффициенты перевода массы зерна (семян) многолетних и однолетних злаковых трав к массе при влажности 15%

Целые проценты влажности	Десятые доли процента влажности									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	1,118	1,116	1,115	1,114	1,113	1,112	1,111	1,109	1,108	1,107
6	1,106	1,105	1,104	1,102	1,101	1,100	1,099	1,098	1,096	1,095
7	1,094	1,093	1,092	1,091	1,089	1,088	1,087	1,086	1,085	1,084
8	1,082	1,081	1,080	1,079	1,078	1,076	1,075	1,074	1,073	1,072
9	1,071	1,069	1,068	1,067	1,066	1,065	1,064	1,062	1,061	1,060
10	1,059	1,058	1,056	1,055	1,054	1,053	1,052	1,051	1,049	1,048
11	1,047	1,046	1,045	1,044	1,042	1,041	1,040	1,039	1,038	1,036
12	1,035	1,034	1,033	1,032	1,031	1,029	1,028	1,027	1,026	1,025
13	1,024	1,022	1,021	1,020	1,019	1,018	1,016	1,015	1,014	1,013
14	1,012	1,011	1,009	1,008	1,007	1,006	1,005	1,004	1,002	1,001
15	1,000	0,999	0,998	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,989
16	0,988	0,987	0,986	0,985	0,984	0,982	0,981	0,980	0,979	0,978
17	0,976	0,975	0,974	0,973	0,972	0,971	0,969	0,968	0,967	0,966
18	0,965	0,964	0,962	0,961	0,960	0,959	0,958	0,956	0,955	0,954
19	0,953	0,952	0,951	0,949	0,948	0,947	0,946	0,945	0,944	0,942
20	0,941	0,940	0,939	0,938	0,936	0,935	0,934	0,933	0,932	0,931
21	0,929	0,928	0,927	0,926	0,925	0,924	0,923	0,921	0,920	0,919
22	0,918	0,916	0,915	0,914	0,913	0,912	0,911	0,909	0,908	0,907
23	0,906	0,905	0,904	0,902	0,901	0,900	0,899	0,898	0,896	0,895
24	0,894	0,893	0,892	0,891	0,889	0,888	0,887	0,886	0,885	0,884
25	0,882	0,881	0,880	0,879	0,878	0,876	0,875	0,874	0,873	0,872
26	0,871	0,869	0,868	0,867	0,866	0,865	0,864	0,862	0,861	0,860
27	0,859	0,858	0,856	0,855	0,854	0,853	0,852	0,851	0,849	0,848
28	0,847	0,846	0,845	0,844	0,842	0,841	0,840	0,839	0,838	0,837
29	0,835	0,834	0,833	0,832	0,831	0,829	0,828	0,827	0,826	0,825
30	0,824	0,822	0,821	0,820	0,819	0,818	0,816	0,815	0,814	0,813
31	0,812	0,81,1	0,809	0,808	0,807	0,806	0,805	0,804	0,802	0,801
32	0,800	0,799	0,798	0,797	0,795	0,794	0,793	0,792	0,791	0,789

33	0,788	0,787	0,786	0,785	0,784	0,782	0,781	0,780	0,779	0,778
34	0,776	0,775	0,774	0,773	0,772	0,771	0,769	0,768	0,767	0,66
35	0,765	0,764	0,762	0,761	0,760	0,759	0,758	0,756	0,755	0,754

Таблица 43 – Коэффициенты перевода массы зерна (семян) культур: вика, кормовой горох, бобы, донник, сераделла, люпин, к массе при влажности 16%

Целые проценты влажности	Десятые доли процента влажности									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	1,131	1,100	1,129	1,127	1,126	1,125	1,124	1,123	1,121	1,120
6	1,119	1,118	1,117	1,115	1,114	1,113	1,112	1,111	1,110	1,108
7	1,107	1,106	1,105	1,104	1,102	1,101	1,100	1,099	1,098	1,096
8	1,095	1,094	1,093	1,092	1,090	1,089	1,088	1,087	1,086	1,085
9	1,083	1,082	1,081	1,080	1,079	1,077	1,076	1,075	1,074	1,073
10	1,071	1,070	1,069	1,068	1,067	1,065	1,064	1,063	1,062	1,061
11	1,060	1,058	1,057	1,056	1,055	1,054	1,052	1,051	1,050	1,049
12	1,048	1,046	1,045	1,044	1,043	1,042	1,040	1,039	1,038	1,037
13	1,036	1,035	1,033	1,032	1,031	1,030	1,029	1,027	1,026	1,025
14	1,024	1,023	1,021	1,020	1,019	1,018	1,017	1,015	1,014	1,013
15	1,012	1,011	1,010	1,008	1,007	1,006	1,005	1,004	1,002	1,001
16	1,000	0,999	0,998	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992	0,990	0,989
17	0,988	0,987	0,986	0,985	0,983	0,982	0,981	0,980	0,979	0,977
18	0,976	0,975	0,974	0,973	0,971	0,970	0,969	0,968	0,967	0,965
19	0,964	0,963	0,962	0,961	0,960	0,958	0,957	0,956	0,955	0,954
20	0,952	0,951	0,950	0,949	0,948	0,946	0,945	0,944	0,943	0,942
21	0,940	0,939	0,938	0,937	0,936	0,935	0,933	0,932	0,931	0,930
22	0,929	0,927	0,926	0,925	0,924	0,923	0,921	0,920	0,919	0,918
23	0,917	0,915	0,914	0,913	0,912	0,911	0,910	0,908	0,907	0,906
24	0,905	0,904	0,902	0,901	0,900	0,899	0,898	0,896	0,895	0,894
25	0,893	0,892	0,890	0,889	0,888	0,887	0,886	0,885	0,883	0,882
26	0,881	0,880	0,879	0,877	0,876	0,875	0,874	0,873	0,871	0,870
27	0,869	0,868	0,867	0,865	0,864	0,863	0,862	0,861	0,860	0,858
28	0,857	0,856	0,855	0,854	0,852	0,851	0,850	0,849	0,848	0,846
29	0,845	0,844	0,843	0,842	0,840	0,839	0,838	0,837	0,836	0,835
30	0,833	0,832	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826	0,825	0,824	0,823
31	0,821	0,820	0,819	0,818	0,817	0,815	0,814	0,813	0,812	0,811
32	0,810	0,808	0,807	0,806	0,805	0,804	0,802	0,801	0,800	0,799
33	0,798	0,796	0,795	0,794	0,793	0,792	0,790	0,789	0,1470	0,787
34	0,786	0,785	0,783	0,782	0,781	0,780	0,779	0,777	0,1613	0,775
35	0,774	0,773	0,771	0,770	0,769	0,768	0,767	0,765	0,1763	0,763

Таблица 44 – Коэффициенты перевода массы зерна (семян)  
кукурузы к массе при влажности 22%

Целые проценты влажности	Десятые доли процента влажности									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	1,089	1,088	1,087	1,086	1,085	1,083	1,082	1,081	1,079	1,078
16	1,077	1,076	1,074	1,073	1,072	1,070	1,069	1,068	1,067	1,065
17	1,064	1,063	1,061	1,060	1,059	1,058	1,056	1,055	1,054	1,052
18	1,051	1,050	1,048	1,047	1,046	1,045	1,044	1,042	1,041	1,040
19	1,038	1,037	1,036	1,035	1,033	1,032	1,031	1,029	1,028	1,027
20	1,026	1,024	1,023	1,022	1,021	1,019	1,018	1,017	1,015	1,014
21	1,013	1,012	1,010	1,009	1,008	1,006	1,005	1,004	1,002	1,001
22	1,000	0,999	0,997	0,996	0,995	0,994	0,992	0,991	0,989	0,988
23	0,987	0,986	0,985	0,983	0,982	0,981	0,979	0,978	0,977	0,976
24	0,974	0,973	0,972	0,971	0,969	0,968	0,967	0,965	0,964	0,963
25	0,962	0,960	0,959	0,958	0,956	0,955	0,954	0,952	0,951	0,950
26	0,949	0,947	0,946	0,945	0,944	0,942	0,941	0,940	0,938	0,937
27	0,936	0,935	0,933	0,932	0,931	0,929	0,928	0,927	0,926	0,924
28	0,923	0,922	0,921	0,919	0,918	0,917	0,915	0,914	0,913	0,912
29	0,910	0,909	0,908	0,906	0,905	0,904	0,902	0,901	0,900	0,899
30	0,897	0,896	0,895	0,894	0,892	0,891	0,890	0,888	0,887	0,886
31	0,885	0,883	0,882	0,881	0,879	0,878	0,877	0,876	0,874	0,873
32	0,872	0,870	0,869	0,868	0,867	0,865	0,864	0,863	0,862	0,860
33	0,859	0,858	0,856	0,855	0,854	0,852	0,851	0,850	0,849	0,847
34	0,846	0,845	0,844	0,842	0,841	0,840	0,838	0,837	0,836	0,835
35	0,833	0,832	0,831	0,829	0,828	0,827	0,826	0,824	0,823	0,822
36	0,821	0,819	0,818	0,817	0,815	0,814	0,813	0,812	0,810	0,809
37	0,808	0,806	0,805	0,804	0,802	0,801	0,800	0,799	0,797	0,796
38	0,795	0,794	0,792	0,791	0,790	0,788	0,787	0,786	0,785	0,783
39	0,782	0,781	0,779	0,778	0,777	0,776	0,774	0,773	0,772	0,771
40	0,769	0,768	0,767	0,765	0,764	0,763	0,762	0,760	0,759	0,758
41	0,756	0,755	0,754	0,752	0,751	0,750	0,749	0,747	0,746	0,745
42	0,744	0,742	0,741	0,740	0,738	0,737	0,736	0,735	0,733	0,732
43	0,731	0,729	0,728	0,727	0,726	0,724	0,723	0,722	0,721	0,719
44	0,718	0,717	0,715	0,714	0,713	0,712	0,710	0,709	0,708	0,706
45	0,705	0,704	0,702	0,701	0,700	0,699	0,697	0,696	0,695	0,694
46	0,692	0,691	0,690	0,688	0,687	0,686	0,684	0,683	0,682	0,681
47	0,679	0,678	0,677	0,676	0,674	0,673	0,672	0,671	0,669	0,668
48	0,667	0,665	0,664	0,663	0,662	0,660	0,659	0,658	0,656	0,655
49	0,654	0,652	0,651	0,650	0,649	0,647	0,646	0,645	0,644	0,642
50	0,641	0,640	0,639	0,637	0,636	0,635	0,633	0,632	0,631	0,629

Приложение 2

Таблица 45 – 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		

Приложение 3

Таблица 46 – Значение  $\sqrt[4]{n_1}$  для определения коэффициентов вариации планируемой площади делянок

Отношение площадей планируемой ( $A$ ) и фиксированной ( $B$ ) делянок			Отношение площадей планируемой ( $A$ ) и фиксированной ( $B$ ) делянок		
	$A < B$	$A > B$		$A < B$	$A > B$
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			



Рабочий план научно-исследовательской работы на \_\_\_\_\_ г.

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 или отдела научно-исследовательского института, утверждает его методический совет).

8. Технико-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.

## 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 <sup>2</sup> (в четырех местах поля по 0,25 м <sup>2</sup> )	Ноябрь		
6. Учет пораженности растений болезнями перед уходом в зиму	Определяют процент поражения растений корневой гнилью, ржавчиной, мучнистой росой и другими болезнями	Ноябрь		
7. Определение густоты перезимовавших растений и числа погибших растений	На концевых защитках каждого варианта выделяют по 2 площадки площадью 0,25 м <sup>2</sup> (ширина пробной площадки – 2 рядка, а длина – в зависимости от ширины междурядья). Подсчет живых и погибших растений проводят до боронования.	Перед весенним боронованием		

Вид работы	Краткое изложение методики выполнения	Рекомендуемый срок исполнения	Дата выполнения	Примечание
8. Фенологические наблюдения	Даты начала весеннего отрастания листьев, полного кущения, начало и конец колошения, 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		

Вид работы	Краткое изложение методики выполнения	Рекомендуемый срок исполнения	Дата выполнения	Примечание
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		
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 и доведения зерна до 13-14 %-ной влажности		
14. Написание отчета по теме	Обработка полученных экспериментальных данных статистическими методами. Годовой отчет.	Ноябрь-декабрь		

Исполнитель темы \_\_\_\_\_

Таблица 47 – 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
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
$\infty$	1,96	2,58	3,29

Таблица 48 – Значение критерия  $\chi^2$ 

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	17,23	21,34	26,04	30,81	33,92	40,29
23	10,20	13,09	18,12	22,34	27,14	32,01	35,17	41,64
24	10,86	13,85	19,01	23,34	28,24	33,20	36,42	42,98
25	11,52	14,61	19,91	24,34	29,34	34,38	37,65	44,31
26	12,20	15,38	20,81	25,34	30,43	35,56	38,89	45,64
27	12,88	16,15	21,71	26,34	31,53	36,74	40,11	46,93
28	13,56	16,93	22,61	27,34	32,62	37,92	41,34	48,28
29	14,26	17,71	23,51	28,34	33,71	39,09	42,56	49,59
30	14,95	18,49	24,41	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 49 – Значения критерия  $F$  на 5%-ном уровне значимости (вероятность 95%)

Степени свободы для меньшей дисперсии (знаменателя)	Степени свободы для большей дисперсии (числителя)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	50	100
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	249	252	253
2	18,51	19,0	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,38	19,39	19,41	19,45	19,47	19,49
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,78	8,74	8,64	8,58	8,56
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,77	5,70	5,66
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74	4,68	4,53	4,44	4,40
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,27	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,84	3,75	3,71
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63	3,57	3,41	3,32	3,28
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34	3,28	3,12	3,03	2,98
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,07	2,90	2,80	2,76
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97	2,91	2,74	2,64	2,59
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,86	2,79	2,61	2,50	2,45
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80	2,76	2,69	2,50	2,40	2,35
13	4,64	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,84	2,77	2,72	2,67	2,60	2,42	2,32	2,26
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,70	2,65	2,60	2,53	2,35	2,24	2,19
15	5,54	3,60	3,29	3,06	2,90	2,79	2,70	2,64	2,59	2,55	2,48	2,29	2,18	2,12
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,24	2,13	2,07
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,62	2,55	2,50	2,45	2,38	2,19	2,08	2,02
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,15	2,04	1,98
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,55	2,48	2,43	2,38	2,31	2,11	2,00	1,94
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,52	2,45	2,40	2,35	2,28	2,08	1,96	1,90
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25	2,05	1,93	1,87
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,47	2,40	2,35	2,30	2,23	2,03	1,91	1,84
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,45	2,38	2,32	2,28	2,20	2,00	1,88	1,82
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,43	2,36	2,30	2,26	2,18	1,98	1,86	1,80
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,41	2,34	2,25	2,24	2,16	1,96	1,84	1,77
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,15	1,95	1,82	1,76
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,36	2,29	2,24	2,19	2,12	1,91	1,78	1,72
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,34	2,27	2,21	2,12	2,09	1,89	1,76	1,69
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,07	2,00	1,79	1,66	1,59
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,02	1,95	1,74	1,60	1,52
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,30	2,19	2,10	2,03	1,97	1,92	1,85	1,63	1,48	1,39

Таблица 50 – Соотношение между величиной  $r$  и  $z$ 

Десятые доли ( $r$ )	Сотые доли ( $r$ )									
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	значения $z$									
0,0	0,000	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090
0,1	0,100	0,110	0,121	0,131	0,141	0,151	0,161	0,172	0,182	0,192
0,2	0,203	0,213	0,224	0,234	0,245	0,255	0,266	0,277	0,288	0,299
0,3	0,309	0,321	0,332	0,343	0,354	0,365	0,377	0,388	0,400	0,412
0,4	0,424	0,436	0,448	0,460	0,472	0,485	0,498	0,510	0,523	0,536
0,5	0,549	0,563	0,576	0,590	0,604	0,618	0,633	0,648	0,663	0,678
0,6	0,693	0,709	0,725	0,741	0,758	0,776	0,793	0,811	0,829	0,848
0,7	0,867	0,887	0,908	0,929	0,951	0,973	0,996	1,020	1,045	1,071
0,8	1,099	1,127	1,157	1,188	1,221	1,256	1,293	1,333	1,376	1,422
0,9	1,472	1,527	1,589	1,658	1,738	1,832	1,946	2,092	2,298	2,647



Таблица 51 – Преобразование процента частоты гибели в пробиты (по Доспехову)

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

Таблица 52 – Весовой коэффициент пробитов (по В.Ф. Пересыпкину,  
С.Н. Коваленко, В.С. Шелестовой, М.К. Асатур)

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

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горяников Ю.В. Влияние посевных качеств семян на всхожесть сортов пшеницы мягкой озимой / Ю.В. Горяников, З.Х. Хубиева // Вестник АПК Ставрополя №4 (36), 2019. С. 60-64.

2. Горяников Ю.В. Состояние посевов пшеницы мягкой озимой в зимний период в зависимости от сроков и интенсивности осеннего кущения / Ю.В. Горяников, Х.Ю. Акбаев // Вестник АПК Ставрополя №1 (37), 2020. С. 47-53.

3. Горяников Ю.В. Сравнительный анализ воздействия протравливания семян сортов пшеницы мягкой озимой на ход конкурсного испытания / Ю.В. Горяников, А.А. Плоткина // Успехи современного естествознания № 4, 2022. С. 7-13.

4. Горяников, Ю.В. Результаты конкурсного испытания сортов низкостебельного блока пшеницы мягкой озимой в 2020 году на Черкесском государственном сортоиспытательном участке / Ю.В. Горяников // Успехи современного естествознания. № 10. 2020. С. 14-19.

5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй (зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры) / М.А. Федин, Ю.А. Роговский, Л.В. Исаева и др. – Калинин: Областная типография управления издательств, полиграфии и книжной торговли Калининского облисполкома, 1989. – 195 с.

7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый / А.М. Федин, Ю.А. Роговский, Л.В. Исаева и др. – М.: ООО «Группа Компаний Море», 2019. – 385 с.

8. Моисейченко В.Ф. Основы научных исследований в агрономии / В.Ф. Моисейченко, М.Ф. Трифонова, А.Х. Заверюха, В.Е. Ещенко. – М.: Колос, 1996. – 336 с.

9. Пересыпкин В.Ф. Практикум по методике опытного дела в защите растений / В.Ф. Пересыпкин, С.Н. Коваленко, В.С. Шелестова, М.К. Асатур. – М.: Агропромиздат, 1989. – 175 с.

10. Усманов Р.Р. Методика опытного дела (с расчетами в программе Excel): практикум / Р.Р. Усманов, Н.Ф. Хохлов; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2020 – 155 с.

ГОРЯНИКОВ Юрий Васильевич

# **ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АГРОНОМИИ**

Учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки  
35.03.04 «Агрономия»

Корректор Чагова О.Х.  
Редактор Чагова О.Х.

Сдано в набор 29.05.2023 г.  
Формат 60x84/16  
Бумага офсетная  
Печать офсетная  
Усл. печ. л. 12,4  
Заказ № 4721  
Тираж 500 экз.

Оригинал-макет подготовлен  
в Библиотечно-издательском центре СКГА  
369000, г. Черкесск, ул. Ставропольская, 36