

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
Высшего профессионального образования

«ГОРНО-АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра агрохимии и защиты растений

Основы научных исследований в агрономии

Учебно- методический комплекс

Для студентов, обучающихся по специальности

110201 «Агрономия»

Горно-Алтайск  
РИО Горно-Алтайского госуниверситета  
2008

Печатается по решению методического совета  
Горно-Алтайского государственного университета

**УДК**  
**ББК**  
**Авторский знак**

Основы научных исследований в агрономии: учебно-методический  
комплекс (для студентов, обучающихся по специальности  
110201 «Агрономия»

Составитель:  
Попеляева Н.Н., к.с.-х.н., доцент

Рецензенты:

Лях А.А., к.с.-х.н., доцент Новосибирского Государственного Аграрного  
университета

Наквасина Е.И., к.с.-х.н., доцент Горно-Алтайского Государственного  
университета

В работе представлены учебно-методические материалы по дисциплине «Основы научных исследований в агрономии», в том числе рабочая программа, курс лекций по дисциплине, методические указания к выполнению лабораторных работ, вопросы к семинарским занятиям и экзамену, план организации самостоятельной работы. Дисциплина «Основы научных исследований в агрономии» является дисциплиной ОПД.Ф. для студентов 3 курса специальности 110201 «Агрономия» ДО, 310200 «Агрономия» ОЗО.

Попеляева Н.Н., 2008

## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

### **ПРЕДИСЛОВИЕ**

*Квалификационная характеристика выпускника*

*Компетенции выпускника*

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

*Объяснительная записка*

*Требования к обязательному минимуму содержания дисциплины  
определённые ГОС ВПО*

*Технологическая карта учебного процесса*

*Содержание учебного курса*

### **КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ**

### **ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

### **ВОПРОСЫ К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

### **ГЛОССАРИЙ**

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **ПЛАН ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЭКЗАМЕН**

### **КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Настоящий учебно- методический комплекс по курсу « Основы научных исследований в агрономии» составлен с учётом рекомендаций Научно- методического совета по агрономии Учебно- Методического Объединения университетов. Его структура и содержание соответствуют требованиям Государственного образовательного стандарта по специальности «Агрономия», утверждённого приказом Министерства образования РФ от 17.03.2000г., регистрационный номер 143 с/дс.

Учебно- методический комплекс включает в себя: квалификационную характеристику и компетенции выпускника- агронома; рабочую программу дисциплины с технологической карой; курс лекций; методические указания к выполнению лабораторно- практических работ, вопросы к семинарским занятиям; глоссарий; рекомендуемую литературу (основную и дополнительную); методические указания по самостоятельной работе студентов; темы рефератов; контрольные вопросы выносимые на экзамен; контрольно- измерительные материалы.

### ***Квалификационная характеристика выпускника***

***Область профессиональной деятельности:***  
растениеводство

***Объекты профессиональной деятельности:***  
Федеральные требования:

Полевые, овощные, плодовые культуры и их сорта, почва и ее плодородие, технологии производства продукции растениеводства.

Региональные и вузовские:

Лекарственные, кормовые и пряно-ароматические культуры (хмель) и технология их возделывания.

***Сфера профессиональной деятельности:***

Федеральные требования: Сельскохозяйственное производство

Региональные и вузовские: Специфика сельскохозяйственного производства в горных условиях.

***Виды профессиональной деятельности:***

Федеральная:

- производственно-технологическая,
- организационно-управленческая,
- научно-исследовательская.

Региональная:

Производственно-технологическая, организационно-управленческая, научно-исследовательская с учетом почвенно-климатических условий горных регионов.

## ***Компетенции выпускника***

### ***Задачи профессиональной деятельности:***

Специалист должен быть подготовлен к следующим видам деятельности:

#### ***Производственно-технологическая деятельность:***

- Оценка пригодности агроландшафтов для возделывания сельскохозяйственных культур и их рациональное использование;
- Реализация технологий возделывания сельскохозяйственных культур и воспроизводства плодородия почв;
- Эффективное использование удобрений, средств защиты растений, сельскохозяйственной техники, семян, сортов и гибридов сельскохозяйственных культур;
- Оценка качества растениеводческой продукции и определение способов ее использования.

#### ***Организационно-управленческая деятельность:***

- Организация производственных коллективов и управление ими;
- Организация и проведение полевых работ и принятие управленческих решений в различных погодных и материально-технических условиях;
- Определение энергетической и экономической эффективности производства продукции растениеводства и принятие технологических решений по повышению ее конкурентоспособности.

#### ***Научно-исследовательская деятельность:***

- Анализ состояния и перспектив повышения урожайности сельскохозяйственных культур и воспроизводства плодородия почв;
- Планирование и разработка схемы и методики агрономических экспериментов по повышению продуктивности земледелия; Закладка и проведение различных опытов;
- Обобщение результатов опытов, их статистическая обработка и формулирование выводов.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

### **Объяснительная записка**

Агрономия - комплексная наука. Она занимается разработкой теоретических основ и агротехнических приемов дальнейшего повышения продуктивности культурных растений и улучшением качества продукции. Для решения этой проблемы необходимо постоянное расширение научных знаний, изыскание способов направленного изменения растений, выведения новых форм и сортов сельскохозяйственных культур, наиболее приспособленных к условиям среды и изменение условий среды в соответствии с потребностями растений. Это достигается научно-исследовательской работой, путем постановки специальных опытов по изучению биологии культурных растений и приемов их возделывания, изыскания новых возможностей повышения продуктивности земледелия.

**Цель дисциплины** - формирование знаний и умений по методам агрономических исследований, планированию, технике закладки и проведения эксперимента, применению статистических методов анализа опытных данных.

#### **Задачи дисциплины:**

- изучение методов агрономических исследований;
- изучение планирования, техники закладки и проведения опытов;
- применение статистических методов анализа в агрономических исследованиях.

#### **Место дисциплины в учебном процессе:**

Основы научных исследований в агрономии относятся к циклу общепрофессиональных дисциплин федерального компонента. Курс связан с почвоведением, земледелием, растениеводством, агрохимией, физиологией и защитой растений, математикой. Дисциплина проводится на третьем курсе в течение 5 семестра. Формой отчетности является экзамен.

#### **Требования к обязательному минимуму содержания дисциплины определённые ГОС ВПО**

<b>ОПД.Ф.06</b>	<b>ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АГРОНОМИИ.</b> Методы агрономического исследований; основные понятия и классификация методов исследования, основные элементы методики полевого опыта; планирование сельскохозяйственного эксперимента, наблюдений и учетов в опыте; техника закладки и проведения опыта; документация и отчетность; применение статистических методов анализа; совокупность и выборка, эмпирические и теоретические распределения, статистические методы проверки гипотез, дисперсионный анализ, корреляция и регрессия; практикум.	90
-----------------	--	----

**Технологическая карта учебного процесса дисциплины,  
определённая ГОС ВП**

Факультет: сельскохозяйственный  
Кафедра: агрохимии и защиты растений  
Семестр: 5

№ п/п	Темы	Всего часов	Аудиторные занятия				Самостоят. работа
			лекции	семинары	прктич.	лаборатор.	
<b>Модуль 1</b>							
1.	Введение	2	2	-	-	-	-
<b>Модуль 2</b>							
2.	Методы агрономических исследований	44	12	6		6	20
<b>Модуль 3</b>							
3.	Применение статистических методов анализа в агрономических исследованиях	44	6	2		12	24
Итого:		90	20	8		18	44
Форма итогового контроля							экзамен

***Содержание учебного курса***

***Введение***

Возникновение и краткая история сельскохозяйственного опытного дела. Современное состояние опытного дела. Существующая структура и задачи научных учреждений в России.

***Методы агрономических исследований***

Сущность и принципы научного исследования. Классификация и характеристика основных методов в научной агрономии. Методика проведения лабораторных, вегетационных, вегетационно-полевых, лизиметрических и экспедиционных опытов. Особенности условий проведения полевого опыта.

Методы размещения вариантов в опытах: систематическое (последовательное), рендомизированное (случайное) и стандартное.

Планирование схемы полевого опыта и требования к проведению работ на опытном участке. Основные наблюдения и учеты в опыте. Документация и отчетность по опыту.

### ***Применение статистических методов анализа в агрономических исследованиях***

Основные понятия и задачи в статистических методах анализа.

Понятие об изменчивости, совокупности и выборке. Распределение частот и его графическое изображение. Статистические характеристики количественной и качественной изменчивости. Теоретические распределения. Критерии существенности.

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

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



# **КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

## ***Введение***

Возникновение и краткая история сельскохозяйственного опытного дела. Роль отечественных и зарубежных учёных в разработке методов агрономических исследований. Современное состояние опытного дела. Организация и сеть опытных учреждений в России.

### ***Сущность и принципы научного исследования***

Общая классификация видов научной деятельности. Фундаментальные и прикладные исследования, взаимодействие между ними. Уровни научных исследований: эмпирический, теоретический, описательно-обобщающий. Наблюдение и эксперимент. Требования, предъявляемые к научному наблюдению и эксперименту. Методология научных исследований: гипотеза, эксперимент, наблюдение, анализ, синтез, системность, моделирование, теория, внедрение.

*Научное исследование* – это изучение конкретного объекта, явления или предмета для раскрытия закономерностей его возникновения и развития.

Характерные черты научных исследований – объективность, возможность воспроизведения, доказательность и точность результатов.

*Различают следующие этапы научных исследований:*

1. Предварительный анализ существующей информации по исследуемому вопросу.
2. Изучение условий и методов решения задач.
3. Формулирование исходных гипотез и их теоретический анализ.
4. Планирование, организация опыта и его проведение.
5. Анализ и обобщение результатов опыта.
6. Проверка исходных гипотез на основе исследованных фактов.
7. Окончательное формулирование новых закономерностей и законов, их объяснение.
8. Внедрение предложений в производство.

### *Уровни и виды исследований*

Исследования проводят на трех основных, взаимосвязанных уровнях: эмпирическом (экспериментальном), теоретическом и описательно-обобщающем.

На *эмпирическом уровне* исследований ставят эксперименты, накапливают факты, анализируют их и делают практические выводы.

Эксперименты являются источником познания, критерием истинности гипотез и теорий.

В эксперименте объект изучают в тех условиях, которые планируются исследовать. Эти условия контролируют и регулируют, а результаты учитывают с достаточно высокой точностью.

Эксперименты могут быть качественными, если в них учитывают наличие или отсутствие того или иного качественного показателя (поврежденные или не поврежденные морозами или вредителями, пораженные или непораженные болезнями растения) и количественными, если в них учитывают количественные показатели (рост растений, урожайность, % белка в зерне пшеницы).

На *теоретическом уровне* исследований синтезируются новые знания, формируются общие закономерности в определенной области.

Теория – это система обобщенных знаний, объяснение определенных явлений действительности. Результаты экспериментов в обобщенном виде становятся частью определенной теории. Критерием правильности теории является эксперимент, но теория не является суммой отдельных результатов эксперимента – это новая ступень познания.

*Пример:* результаты исследований поглощения питательных элементов полевыми культурами являются основой для построения теории минерального питания растений.

На *описательно-обобщающем уровне* исследований эксперименты не проводят, а описывают явления, непосредственно происходящие в природе.

*Пример:* наблюдения за ростом и развитием растений в зависимости от погодных условий, прохождением фенологических фаз, морозостойкостью.

На основании таких наблюдений и обобщений делают выводы и рациональные предложения для производства, при этом используют такие формы мышления, как суждение и умозаключение.

Суждение – это форма мышления, когда утверждают или отрицают существование явления процесса. Суждение может быть объективным или ошибочным.

Умозаключение – форма мышления, когда из одного или нескольких связанных между собой суждений выводят новые знания.

*Пример:* известно, что новый гибрид кукурузы имеет такое же качество как районированный сорт  $\Rightarrow$  умозаключение, что качество нового гибрида, устойчивость к болезням, вредителям, будут такими же, как у районированного сорта.

В зависимости от познавательной или практической цели научные исследования условно подразделяют на фундаментальные и прикладные. При определенных условиях одни могут переходить в другие, это свидетельствует о тесной взаимосвязи теории с практикой.

Фундаментальные исследования направлены на открытие и изучение новых явлений и законов природы. Результат – законченная система научных знаний и

ориентация на использование их в определенной отрасли практической деятельности человека.

*Пример:* изучение процессов фотосинтеза, расшифровка молекул РНК и ДНК.

Прикладные исследования в агрономии направлены на изучение факторов жизни растений и взаимосвязей между растениями и средой, на создание перспективных сортов и гибридов.

Главная задача – разработка эффективных приемов повышения урожайности сельскохозяйственных растений и улучшение качества продукции.

Прикладные исследования проводят путем выполнения научно-исследовательских работ, в результате получают экспериментальные данные.

*Методология научных исследований.*

Метод – это упорядоченная деятельность исследователя, направленная на получение новых знаний.

Из общенаучных методов в агрономии чаще всего используют выдвижение гипотезы, эксперимент, наблюдения, анализ, синтез, моделирование.

Гипотеза – научное предположение, истинное значение которого является неопределенным.

Если гипотезу выдвигают для развития знаний, то сначала высказывают определенные предположения, которые потом проверяют экспериментально.

Если гипотеза выдвинута на основе уже известных знаний, то она является обоснованным предположением.

Гипотезы проверяют в экспериментах.

*Пример:* при выращивании пшеницы на разных уровнях минерального питания.

Эксперимент – метод познания, с помощью которого в искусственно созданных и контролируемых условиях изучают объекты и происходящие в них процессы.

В одном эксперименте можно изучать несколько явлений – опыт многофакторный.

Опыт – ведущий метод исследования, включающий в себя наблюдения, строгий учет измененных условий и учет результатов. Характерная черта и главная особенность любого опыта – его воспроизводимость.

Наблюдения – это количественная или качественная регистрация различных сторон развития явления, констатация наличия того или иного его состояния, признака или свойства.

Цель наблюдений в агрономии – выявление лучших элементов агротехники, технологий, сортов, почв, способствующих повышению урожайности и качества продукции.

*Основные требования к наблюдениям:*

- 1.Получение однозначных результатов;
- 2.Объективность и возможность контроля с помощью вторичного наблюдения;
- 3.Использование для наблюдений точных приборов;
- 4.Правильная интерпретация результатов.

Учеты и наблюдения необходимо проводить по специальным апробированным методикам.

Между наблюдением и экспериментом с точки зрения теории познания есть принципиальная разница: наблюдение отражает внешний мир, идет извне в наш мозг, оно фиксирует факты, а эксперимент идет из нашего сознания, из мышления, он как бы гипотеза, ждущая проверки фактами.

По сравнению с наблюдением опыт имеет большие преимущества, благодаря которым эксперимент стал господствующим методом всех естественных наук. Характерной особенностью эксперимента является предварительный мысленный эксперимент, направленный на создание соответствующей обстановки опыта.

Анализ методологического исследования, с помощью которого исследуемый объект мысленно или физически расчленяют на составные части для детального изучения.

*Пример:* опыт анализируют по каждой делянке, по повторностям, по вариантам. Для определения химического состава растения делят на части, которые затем анализируют специальными методами.

Синтез – соединение расчлененных и проанализированных частей в единое целое.

Задача синтеза – на основании детального анализа получить необходимые данные для выводов и обобщений.

*Пример:* анализируемые данные каждого повторения опыта  $\Rightarrow$  вычисляем среднее арифметическое по каждой делянке, варианту  $\Rightarrow$  анализ ведет к их объединению в опыте  $\Rightarrow$  выводы  $\Rightarrow$  рекомендации производству.

Обобщение – метод с помощью которого мысленно переходят от отдельных факторов, явлений и процессов к отождествлению в мыслях, от одного понятия суждения  $\Rightarrow$  к более общему.

*Пример:* Обобщенные результаты для повторения  $\Rightarrow$  опыта  $\Rightarrow$  конкретного хозяйства  $\Rightarrow$  группы хозяйств.

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

Методика проведения лабораторных и лизиметрических экспериментов. Основные требования к вегетационному опыту. Разработка методики и техники проведения вегетационных опытов. Фитотроны и их роль в агрономических исследованиях. Вегетационно-полевой метод и методика его проведения. Полевой опыт. Экспедиционный метод и его роль в агрономических исследованиях.

К специальным методам исследований относят те, которые применяют в научной агрономии, поэтому их еще называют конкретно-научными. В эту группу входят лабораторный, вегетационный, лизиметрический, вегетационно-полевой, полевой, экспедиционный методы. Каждый из них можно использовать совместно с другими специальными и общенаучными методами.

1.Лабораторный метод используют для анализа растений и среды их обитания в лабораторных условиях для изучения взаимодействия растений с внешней средой, обмена веществ в растениях, оценки качества урожая,

исследования физических, химических, микробиологических свойств почвы и т.д.

С помощью химического анализа почвы в лаборатории определяют обеспеченность различных почв питательными элементами в зависимости от предшественника, обработки почвы, системы удобрений. Определяя содержание макро- и микроэлементов в растениях, массу растений и проводя расчеты, получают информацию о выносе из почвы питательных элементов теми или иными культурами.

Лабораторный метод предполагает не только детальный анализ, но и всесторонний объективный синтез результатов исследований с последующей их проверкой на практике.

Без лабораторного метода исследований нельзя обойтись при проведении вегетационных и полевых опытов, его используют при выборе земельной площади для опытных участков, при планировании и проведении опытов. Лабораторный метод сопутствует другим специальным методам исследований.

2. Вегетационный метод – исследование растений, выращиваемых в сосудах в стеклянных домиках при строго контролируемых условиях внешней среды сроком от нескольких дней до нескольких месяцев. С многолетними растениями исследования можно проводить несколько лет. *Основная цель вегетационного метода* – изучать влияние отдельных факторов жизни растений, сущность процессов, которые происходят в растении, в почве и в системе почва – растение.

Вегетационный метод позволяет поддерживать в соответствии с программой исследований различные уровни – влажность, обеспеченность питательными элементами, рН раствора, освещение, температуру и т.д.

Однако, результаты вегетационного метода нельзя непосредственно переносить на производственные условия. Влияние отдельных факторов жизни на продуктивность растений можно детально изучать лишь в природных условиях, т.е. в поле. Поскольку в вегетационных опытах условия среды четко регулируются, то количество вегетационных периодов, т.е. повторностей во времени, можно сократить до минимума.

Д.Н. Прянишников, оценивая вегетационный и полевой методы, отмечал, что первый из них более точен, но меньше подходит для непосредственного внедрения его результатов в производство; второй, т.е. полевой, наоборот, менее точен, но более практичен. Поэтому эти два метода взаимно дополняют друг друга.

3. Лизиметрический метод – исследование растений и свойств почвы в поле для изучения баланса влаги и элементов питания.

Такие исследования проводят в очень больших сосудах – лизиметрах, которые периодически взвешивают. Жизнь растений и свойства почвы изучают непосредственно в поле, где лизиметры устанавливают в выкопанные ямы так, чтобы надземная часть растений находилась в тех же условиях, что и у окружающих растений. Дно лизиметра имеет отверстие, через которое собирают промывные воды в специальные поддоны для химических анализов.

В зависимости от целей исследований и размера самих растений высота почвы в лизиметрах может колебаться от 0,25 до 2 м, но чаще всего 1,0-1,5 м.

По способу наполнения почвой различают два типа лизиметров: с насыпной почвой, т.е. с нарушением ее естественного сложения, и с естественным строением, когда в лизиметр вставляют монолит, вырезанный из почвы.

Лизиметры делают из бетона (на 1-2 м<sup>3</sup> почвы) или из металла (диаметром 20-100см), иногда используют металлические лейки диаметром до 50 см, для периодического взвешивания в верхней части делают отверстия или ушки, за которые их поднимают.

С использованием лизиметрического метода изучают следующие основные вопросы: динамика влажности почвы; передвижение атмосферных осадков и увлекаемых ими питательных веществ сквозь почву; состав воды, которая фильтруется через почву; вымывание минеральных солей из почвы и удобрений; потери питательных элементов в процессе многолетнего удобрения почвы и др.

Несмотря на то, что лизиметрические исследования проводят в поле, их условия еще не очень близки к полевым. Для устранения этого недостатка используют вегетационно-полевой метод.

4. Вегетационно-полевой метод – это исследование растений непосредственно в поле в металлических цилиндрах, т.е. в сосудах без дна. Этот метод является промежуточным между вегетационным и полевым.

Почва в цилиндрах отделена от почвы поля лишь сбоку. А снизу она контактирует с почвой в естественном состоянии или подпочвой. Такие цилиндры можно устанавливать не только на специально выделенных площадках, но и непосредственно на полях, где выращивают определенные культуры, на различных агрофонах, на почвах различного типа, на участках с различной экспозицией и крутизной склонов и т.п.

С помощью вегетационно-полевого метода изучают эффективность удобрений, плодородие генетических горизонтов почвы, моделируют условия почвенной среды. Для этого в цилиндры в зависимости от вариантов опыта вносят изучаемые элементы питания в различных дозах и соотношениях, создают различную реакцию почвенного раствора, разную плотность почвы и т.п. Вместе с тем в цилиндры можно высевать разные культуры как в чистом виде, так и в смесях, с разной нормой посева и на разную глубину, с применением подкормок или без них.

Вегетационно-полевой метод применяют в селекционной работе, агрометеорологии, земледелии и растениеводстве, где моделируют необходимые условия почвенной среды. А если использовать еще и передвижные климатические камеры из полиэтиленовой пленки, то можно моделировать и различные погодные условия в разные фазы развития растений, уменьшая отрицательное влияние погоды на формирование урожая.

5. Полевой метод – это проведение полевых опытов (экспериментов). Основной метод научной агрономии, так как с его помощью связываются

теоретические исследования с практическими. На основе полевых экспериментов разрабатывают рекомендуемые агроприемы, технологии и испытывают сорта для сельскохозяйственного производства.

*Основная задача полевого метода* – выявление достоверных различий между вариантами опытов, количественная оценка влияния факторов жизни на урожайность растений и качество продукции, например, глубину, сроки и способы обработки почвы изучают, непосредственно в поле. Так же изучают технологии выращивания экологически чистой продукции, структуру посевных площадей, лучшие предшественники, способы и нормы орошения, мероприятия по борьбе с водной и ветровой эрозией почв, по коренной мелиорации почв, эффективность органических и минеральных удобрений и т.п.

В агрономии используют различные виды полевых опытов. Полевые опыты, проводимые в научных учреждениях и на производстве, направлены на то, чтобы дать оценку экономической эффективности вариантов и внедрить лучшие из них в производство.

Эффективность полевого метода значительно повышается в сочетании с другими методами, выбор которых определяется программой исследований.

*б. Экспедиционный метод* используют для изучения и обобщения агрономических вопросов непосредственно на производстве с помощью обследования посевов культур (и сортов).

Во время экспедиционных обследований выявляют также распространение злостных и карантинных сорняков, болезней и вредителей сельскохозяйственных культур, целесообразную структуру посевных площадей, лучшие предшественники, наиболее рациональные севообороты, перспективные сорта для конкретных хозяйств, их групп, районов, определенных почвенно-климатических зон.

Экспедиционный метод используют для почвенных обследований. При этом копают почвенные разрезы, описывают их, берут образцы почвы для физических и химических анализов.

Для изучения эффективности того или иного агроприема при экспедиционных обследованиях определяют урожайность сельскохозяйственных культур с учетом качества продукции. Урожайность за предшествующие годы берут из годовых отчетов хозяйств. Собранные данные увязывают с погодными условиями за определенные годы (атмосферные осадки, температура и влажность воздуха, температура почвы и т.д.) для детального анализа зависимостей пользуются соответствующими методами математической статистики.

### ***Классификация полевых опытов и требования к их проведению***

Агротехнические опыты и опыты по испытанию селекционных образцов и сортов сельскохозяйственных культур. Подразделение агротехнических опытов по месту проведения (в научно-исследовательских учреждениях или вузах и на производстве) и по географическому охвату объектов исследования.

Однофакторные и многофакторные опыты. Подразделение опытов по длительности проведения (разведывательные, краткосрочные, многолетние, длительные). Роль и значение многолетних и длительных многофакторных опытов в агрономии.

Основные требования к полевому опыту: типичность, принцип единственного различия, проведение опыта на специально выделенном и изученном участке, учет урожая и достоверность опыта по существу. Агрономическая и статистическая обоснованность методики эксперимента.

### ***Особенности условий проведения полевого опыта***

Метеорологические условия. Понятие о случайном и закономерном варьировании плодородия почвы. Закономерности территориальной (пространственной) изменчивости плодородия почвы опытных участков. Особенности индивидуального варьирования растений в многолетних насаждениях (плодовые, ягодные, виноград). Выбор и подготовка земельного участка под опыт. История опытных полей. Рекогносцировочные посевы (подбор растений, проведение агротехнических работ, уборка и учет урожая). Роль дробных учетов урожая в планировании рациональной структуры опыта с полевыми, овощными, плодовыми и ягодными культурами и виноградом.

### ***Основные элементы методики полевого опыта***

Понятие о методике полевого опыта и слагающих ее элементах: число вариантов, число контролей и их частота, площадь, форма и ориентация делянок. Повторность, размещение повторений или блоков, делянок и вариантов. Защитные полосы, их назначение и размеры. Метод учета урожая и организация опыта по времени. Виды ошибок в полевом опыте и источники их возникновения. Влияние основных элементов методики полевого опыта на ошибку эксперимента.

### ***Размещение вариантов в полевом опыте***

Классификация методов размещения вариантов в опытах: систематическое (последовательное), рендомизированное (случайное) и стандартное. Сравнительная эффективность систематического и рендомизированного размещения вариантов по делянкам в зависимости от характера пространственного варьирования плодородия почвы земельных участков. Характеристика современных методов размещения вариантов (метод неорганизованных и организованных повторений, латинский квадрат, латинский прямоугольник, расщепленные делянки, смешивание) и условия их применения в опытной работе. Техника рендомизации вариантов (жеребий, таблица случайных чисел, готовые рендомизированные схемы).

Характеристика современных методов размещения вариантов (метод неорганизованных и организованных повторений, латинский квадрат, латинский



прямоугольник, расщеплённые делянки, блоки, решетка, смешивание) и условия их применения в опытной работе.

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

Стандартные методы характеризуются более частым, обычно через 1-2 опытных варианта, расположением контроля, стандарта. Систематические методы предусматривают неизменный порядок расположения вариантов в каждом повторении. При случайных методах порядок вариантов определяется путем рандомизации, т. е. размещения их внутри каждого повторения случайно по жребью, когда каждый вариант имеет равную вероятность, равный шанс попасть на любую делянку, тогда как при систематическом такая возможность исключена.

Стандартные методы основаны на том, что плодородие опытного участка изменяется постепенно, и между урожаями ближайших делянок наблюдается корреляционная связь. В стандартных методах каждый изучаемый вариант сравнивают со своим контролем.

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

1. Не всегда наблюдается тесная корреляционная зависимость между урожаями рядом расположенных делянок.

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

3. Стандартные методы характеризуются большой громоздкостью и нерациональным использованием земельной площади, особенно при большом числе изучаемых вариантов.

Действительно, при размещении стандарта через два опытных варианта около 40%, а через один - более 50% всей площади опыта занято стандартными делянками. Отмеченные недостатки не способствовали широкому распространению стандартных методов в опытной работе.

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

Систематическое размещение вариантов — это такое расположение опыта, когда порядок следования вариантов в каждом-повторении подчиняется определенной системе. Имеется много способов размещения вариантов по этому методу. В нашей стране распространены два - последовательный в один ярус и шахматный при расположении повторений в несколько ярусов.

Последовательное расположение – размещение делянок в один ярус. Варианты на делянках всех повторений: располагаются в той последовательности, которая заранее установлена исследователем на основании главным образом организационно-технических причин - удобства обработки почвы, внесения удобрений, посева, ухода, уборки.

Если, например, в первом повторении для опыта из пяти вариантов намечен порядок 1, 2, 3, 4, 5, то этот же порядок сохраняется во всех остальных повторениях.

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

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

Использование случайных способов распределения — одна из характерных особенностей современного периода развития методики полевого эксперимента. В опытах, где варианты размещены систематически, мы в сущности лишаемся возможности опираться при оценке данных на достаточно надежный критерий существенности, используемый в дисперсионном анализе.

### ***Планирование и организация полевого опыта***

Общие принципы и этапы планирования эксперимента. Выбор темы, определение цели и задач исследования. Изучение современного состояния вопроса и выдвижение рабочей гипотезы. Обоснование актуальности, новизны и практической значимости научной работы.

Разработка схем однофакторных экспериментов. Требования к схеме опыта. Понятие о кривой отклика. Планирование схем многофакторных опытов и требования к ним Разработка программы исследований.

*Планирование* - это определение задачи и объектов (растений) исследования, разработка схемы эксперимента, выбор земельного участка и оптимальной структуры полевого опыта. Спешность может привести к существенным дефектам эксперимента - неправильному выбору градаций изучаемых факторов, контрольных и опытных вариантов, неоправданному увеличению объема работ, что сильно затрудняет техническое проведение опыта, снижает достоверность данных и обходится слишком дорого. Ошибки, допущенные при планировании, нельзя исправить в последующем ни тщательным проведением опытной работы,

Период, предшествующий исследованию, включает:

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

Первая часть работы, пожалуй, самая трудная и ответственная. Необходимо четко сформулировать *цель исследования*, построить логическую модель изучаемого явления и правильно выбрать стратегию, которая определяет методы и приемы исследования.

Следующий этап планирования - *изучение литературы* по данной проблеме и *выдвижение рабочей гипотезы* или ряда конкурирующих гипотез. Рабочая гипотеза служит отправным пунктом для составления схемы или ряда схем будущих опытов, разработки программы исследования. В программе указывают 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.

При планировании схем *однофакторных экспериментов*, которые каждый год закладывают на новых земельных участках, следует иметь в виду два основных момента: *во-первых*, варианты в однофакторном опыте могут различаться качественно: опыты по изучению и сравнительной оценке сортов и культур, способов посева и обработки почвы, предшественников, разных форм удобрений, пестицидов и т. п. *Во-вторых*, варианты в опыте могут иметь количественные градации изучаемых факторов: опыты с дозами удобрений, нормами полива, глубиной обработки почвы, нормами посева семян и т. п.

Сравнительно просто решается вопрос о схемах однофакторных опытов, в которых варианты различаются качественно. Например, если экспериментатор планирует изучить пять сортов озимой пшеницы или пять

способов обработки почвы, схема опыта будет включать пять вариантов *A, B, C, D, E*. В общем виде схему однофакторных опытов с качественными градациями можно записать так: *A, B, C, ..., Z*.

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

Для схем однофакторных полевых опытов с *количественными градациями*, кроме перечисленных выше требований, необходимо правильно установить единицу варьирования для доз изучаемого фактора и число градаций (доз). Важно так составить схему опыта, чтобы на основании экспериментальных точек - эффектов вариантов можно было построить кривую отзывчивости (отклика), которая будет характеризовать зависимость урожая от изменения изучаемых градаций фактора. Обычно связь между урожаем и возрастающими дозами одного фактора не линейна. 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.

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

### ***Планирование наблюдений и учетов в опыте***

Основные требования к наблюдениям и учетам в опыте и общие принципы планирования. Типы выборок и требования к выборке. Сроки и частота проведения наблюдений и учетов. Планирование размера выборки при

количественной и качественной изменчивости в опыте. Эффективность различных методов отбора растительных и почвенных проб.

Агрохимические, агрофизические, биологические, биометрические, энтомологические, фитопатологические наблюдения и учёты, наблюдения и учёты по оценке качества сельскохозяйственной продукции.

### ***Техника закладки и проведения опыта***

Основные требования к полевым работам на опытном участке, обработка почвы, внесение удобрений, посев и посадка, уход за растениями. Специальные работы по уходу за опытом: поделка и прочистка дорожек, отбивка защитных полос, этикетирование.

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

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

Предварительная обработка опытных данных (усреднение, приведение к стандартной влажности и засорённости, приведение данных к сравниваемому виду, браковка «сомнительных» дат, восстановление выпавших дат).

### ***Документация и отчетность по опыту***

Документация по опыту: первичная (полевой дневник, вспомогательные документы) и основная (журнал полевого опыта, отчеты, диссертации, статьи). Порядок ведения, хранения и проверки документации по опытам.

Требования, предъявляемые к научному отчету, основные разделы научного отчета.

Литературное оформление документации по опыту.

### ***Введение в статистические методы анализа***

Значение статистических методов для планирования исследований, систематизации, обработки результатов опытов и наблюдений, анализа и обоснования закономерностей изучаемых явлений.

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

Понятие об изменчивости, совокупности и выборке. Распределение частот и его графическое изображение. Статистические характеристики количественной и качественной изменчивости. Теоретические распределения. Критерии существенности.

### ***Дисперсионный анализ***

Сущность и основы метода. Оценка существенности разности между выборочными средними. Схемы (модели) дисперсионного анализа результатов

однофакторных и многофакторных лабораторных, вегетационных и полевых опытов.

### ***Корреляционный, регрессионный и ковариационный анализ***

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

Основные условия эффективного применения ковариации для статистического выравнивания неконтролируемых условий опыта.

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

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

Обработка данных многолетних и длительных экспериментов с использованием динамических моделей.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

### **Лабораторно-практическая работа № 1: Методы размещения вариантов в опытах**

**Цель:** Научиться размещать варианты в опыте систематическим, стандартным и рендомизированным методами, выяснить влияние варьирования плодородия почвы опытного участка на выбор метода размещения вариантов.

Опыт, эксперимент в агрономии - это искусственное создание различных условий для исследуемых растений с целью выявления наиболее эффективных вариантов.

Ориентация и метод расположения делянок в опыте должны обеспечивать наибольший охват каждым вариантом всей пестроты опытного участка.

Соблюдение этого требования способствует созданию условий наилучшей сравнимости между вариантами и обеспечивает большую типичность, достоверность результатов и наименьшую ошибку опыта.

Метод размещения - это чередование вариантов на опытных делянках в зависимости от задач и конкретных условий внешней среды (формы участка, варьирования плодородия почвы, направления склона).

Выбор метода размещения вариантов в полевом опыте зависит от ряда факторов- числа вариантов схеме, технических условий постановки и проведения опыта, общей площади участка и неоднородности почвенного плодородия, на изменчивость которого оказывают влияние климатические условия, технология обработки, выращиваемые растения, ранее вносимые органические и минеральные удобрения.

В зависимости от конфигурации и микрорельефа опытного участка, а так же сложности схемы эксперимента выбирают систематическое (последовательное), рендомизированное (случайное) и стандартное размещение вариантов.

Систематический метод предполагает размещение вариантов в последовательности, записанной в схеме опыта, или по другой схеме, но во всех повторениях одинаково.

Данный метод будет эффективным, если нет закономерного изменения плодородия почвы.

При использовании рендомизированного (случайного) метода место вариантов определяют по таблице случайных чисел или по жребью.

Случайный метод имеет несколько разновидностей: рендомизированные повторения, латинский квадрат, латинский прямоугольник, полная рендомизация, расщеплённые делянки, полная рендомизация. Выбор конкретного метода зависит от условий варьирования плодородия почвы.

При стандартном методе возле каждого варианта (сорта) размещается контрольный (стандартный) вариант (сорт).

Метод эффективен в тех случаях, когда плодородие почвы значительно варьирует, что характерно для дерново-подзолистых и солонцовых почв.

Размещение через один вариант называют ямб-методом.

Дактиль метод-размещение стандарта через две опытные делянки.

Буквенные обозначения величин:

$l$  – число вариантов;  $n$  – число повторностей;  $N$ -число делянок в опыте.

### ***Ход работы:***

#### **I. Задание.**

Разместите варианты в опыте используя различные методы.

1. Стандартно, в 1, 2 или 3 яруса
  - а. Ямб-методом  
 $l - 4, n - 4; l - 5, n - 4; l - 6, n - 3.$
  - б. Дактиль-методом  
 $l - 5, n - 4; l - 7, n - 3.$
2. Систематически ступенчато и взаимнообратно в 2 или 3 яруса  
 $l - 4, n - 4; l - 5, n - 4; l - 6, n - 3; l - 7, n - 3$
3. Методом рендомизированного повторения  
 $l - 6, n - 4; l - 8, n - 3$
4. Методом латинского квадрата  
 $l - 3; 4; 5; 6.$
5. Методом латинского прямоугольника  
 $l - 8; 9; 12.$
6. Методом расщепленных делянок
  - а. Двухфакторный опыт:  
три градации фактора А  
три градации фактора В  
 $n - 3$
  - б. Трехфакторный опыт:  
две градации фактора А  
три градации фактора В  
две градации фактора С  
 $n - 4$

#### **II. Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой метод размещения вариантов. Перечислите основные группы методов.
2. Объясните особенности систематического метода размещения вариантов.
3. Объясните особенности размещения вариантов методом рендомизации.
4. Объясните особенности стандартного размещения вариантов в опыте.

#### **III. Вывод.**



## **Лабораторно-практическая работа № 2:** Планирование схемы полевого опыта

**Цель:** Ознакомиться с основными этапами планирования полевых опытов. Разработка схематического плана полевого опыта.

Схема опыта – это перечень логично подобранных вариантов с определёнными контролями (стандартами), объединённых конкретной темой.

Вариантами называют те различные условия, при которых выращивают растения в опытах. Варианты могут быть количественными (дозы удобрений, нормы орошения, площади питания растений, глубина вспашки) и качественные (сорта культур, типы почв, формы удобрений). Подбирая варианты в схему опыта необходимо обеспечить их оптимальное число для конкретной темы и условий опыта.

Перед составлением схем опытов выдвигают рабочую гипотезу, которая является одним из главных методологических инструментов организации процесса исследования. Гипотеза должна удовлетворять следующим требованиям: обладать проверяемостью, определённой 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.

Рабочая гипотеза – это научное предположение о развитии явлений, на котором основывается объяснение ожидаемых в поставленном опыте результатов.

### **Ход работы:**

#### **I. Задание.**

Сделайте схематический план полевого опыта:

1. По теме дипломной работы напишите схему опыта.
2. Выделите контрольный вариант, повторность и общее количество делянок.
3. Определите площадь делянки, согласуйте ширину и длину, ширину защитных полос и тропинок.
4. Выберите способ размещения вариантов.
5. Начертите схематический план полевого опыта.
6. Найдите площадь, занятую делянками и общую площадь под опытом.

#### **II. Контрольные вопросы.**

1. Перечислите основные элементы методики полевого опыта.

2. По каким параметрам выбирается число вариантов и число контролей?
3. Как определяют площадь, форму и ориентацию делянок?
4. Повторность, размещение повторений или блоков, делянок и вариантов.
5. Какие основные требования предъявляются к схеме опыта? Понятие о кривой отклика.

### III. Вывод.

*Лабораторно-практическая работа № 3:* Разработка программы научных исследований

**Цель:** Научиться составлять программу научных исследований.

Полевой сельскохозяйственный опыт – это исследование, осуществляемое в полевой обстановке на специально выделенном участке, с его помощью связывают теоретические исследования с практическими. На основе полевых экспериментов разрабатывают рекомендуемые агроприёмы, технологии и испытывают сорта для сельскохозяйственного производства.

Основная задача полевого метода – выявление достоверных различий между вариантами опытов, количественная оценка факторов жизни на урожайность растений и качество продукции.

Полевые опыты для удобства их использования подразделяют по числу изучаемых факторов, по месту и длительности проведения, по географическому охвату объектов исследования (приложение 1).

Требования, предъявляемые к полемому опыту.

1.*Типичность полевого опыта* – это степень соответствия условий его проведения почвенно – климатическим и агротехническим условиям данного района или зоны.

2.*Принцип единственного логического различия.* При постановке полевых опытов необходимо соблюдать единство всех условий, кроме изучаемого фактора.

3.*Пригодность условий для опыта.* Проведение опыта на специально выделенном, предварительно изученном участке с известной историей, по одному предшественнику и агрофону.

4.*Воспроизводимость результатов.* В соответствии с этим требованием исследователь, повторяя опыт во времени по идентичной методике и в аналогичных условиях, должен получить такие же результаты как и в предыдущих опытах.

5.*Учёт не только основных, но и сопутствующих показателей.* Учёт основных показателей – урожайности и качества продукции – даёт возможность выявить лучшие и худшие варианты опыта, т.е. повышение или снижение урожая и его качества по сравнению с контролем. Однако целью исследования является объяснение причин данного явления, для этого и проводят сопутствующие учёты и наблюдения, которые зависят от темы и задач опыта.

**6. Точность опыта.** Точность полевого опыта – статистический показатель, количественно характеризующий изменчивость результатов опыта, которая обуславливается неоднородностью изучаемого материала, пестротой почвенных условий и техническими погрешностями. Показатель точности опыта прежде всего зависит от правильного выбора и подготовки участка, размера и формы делянок, количества повторностей, способа размещения делянок и повторений на площади, методов учёта урожая. В математическом отношении точность полевого опыта – это случайная ошибка, выраженная в процентах к среднему урожаю ( $S\bar{x} \%$ ).

**7. Достоверность опыта.** Достоверность опыта определяют при сравнении расчетного критерия Фишера (фактического) с теоретическим. Если фактический критерий больше теоретического, то делают вывод о статистической достоверности всего опыта. Это означает, что между некоторыми средними арифметическими отдельных вариантов опыта есть достоверная разница. Для выделения таких вариантов рассчитывают наименьшую существенную разность (НСР). Если разность между средними арифметическими любой пары вариантов будет большей, чем НСР, то делают вывод о достоверности различий на определённых уровнях доверительной вероятности.

Программа исследований – это проект намеченного хода эксперимента. В программе намечаются способы проверки научной гипотезы, устанавливается количество опытов и продолжительность исследования во времени.

### ***Ход работы:***

- I. Запишите, в какой последовательности происходит процесс планирования полевого опыта.
- II. Перечислите основные учеты и наблюдения, проводимые в период вегетации.
- III. Составьте рабочую программу по теме своего исследования по следующей схеме:
  1. Определите тему исследования.
  2. Поставьте цель и задачи исследования.
  3. Обоснуйте актуальность, новизну и практическую значимость работы.
  4. Напишите схему опыта, выделите контрольный вариант, определите повторность и количество делянок.
  5. Установите площадь делянки, предварительно согласуйте ширину и длину делянки.
  6. Выберите способ размещения вариантов (рэндомизированно, последовательно, стандартно) и повторений (в 1, 2 или 3 яруса).
  7. Размещение опыта представьте в виде схематического плана. На плане укажите размеры делянок, дорожек и защитных полос.
  8. Рассчитайте площадь, занятую делянками, дорожками и всем опытом.
  9. Запланируйте основные работы по закладке опыта и его проведению.
  10. Составьте программу учетов и наблюдений.

11. Определите способ учета урожая.

#### IV. Контрольные вопросы

1. Что представляет собой опыт, эксперимент в агрономии?
2. В чем заключается основная задача агротехнических опытов и опытов по сортоиспытанию?
3. Дайте характеристику лабораторного и полевого методов исследования.
4. Перечислите и охарактеризуйте основные требования, предъявляемые к полевому опыту.
5. Перечислите и охарактеризуйте три основных вида ошибок.
6. Что такое метод размещения вариантов? Охарактеризуйте основные методы размещения вариантов?

#### V. Вывод.

### **Лабораторно-практическая работа № 4: Анализ вариационных рядов количественной изменчивости**

**Цель:** Научиться проводить анализ вариационных рядов при количественной изменчивости.

Всякое массовое, множественное явление (группа растений, животных) представляет собой совокупность особей, случаев, фактов, предметов то есть некоторых условных единиц, каждая из которых в отдельности обладает резкой индивидуальностью и отличается от других рядом признаков- высотой, весом, количеством продукции. 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 отличаться друг от друга даже в одинаковых совокупностях называется изменчивостью или варьированием.

Группа объектов, подлежащих изучению, называется генеральной совокупностью, а часть объектов, попавших в исследование, — выборочной совокупностью, или выборкой.

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

Числа, характеризующие повторяемость каждого значения признака в данной совокупности, называют частотами признака и обозначают  $f$ . Сумма всех частот ( $\sum f$ ) равна объему выборки, то есть числу членов ряда  $n$ . В результате такой обработки первичных наблюдений получается вариационный ряд, или ряд распределения. В вариационном ряду обычно указывают возможные значения варьирующего признака в порядке возрастания или убывания и

соответствующие им частоты. Упорядоченное расположение данных показывает изменение признака от минимального до максимального значения. Группа, в которой встречается наибольшее количество вариантов, называется модальной. Для построения вариационного ряда необходимо:

1) найти для данной выборки минимальную и максимальную величину варианты;

2) определить разность между ними (размах варьирования  $R$ );

3) определить число групп (классов), которое зависит от объема выборки и ориентировочно равно корню квадратному из него ( $K = \sqrt{n}$ ), а также групповой (классовой) интервал, разделив разность на число классов;

4) определить начало группового интервала путем прибавления к минимальному значению признака величины группового интервала;

5) определить конец группового интервала, который должен быть меньше последующего на величину, равную точности измерения признака;

6) разнести все варианты выборки последовательно по группам, начав с первой.

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

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

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

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

### ***Ход работы:***

#### **I. Задание.**

Обработать данные вариационного ряда при количественной изменчивости показателей выборки (пользуясь приложением 2. и 2.1.). Для этого:

В опыте с озимой пшеницей берут подряд 40 колосьев ( $n = 40$ ), измеряют их длину (в см) и результаты размещают в возрастающем порядке:

1. Определите число групп по формуле

$$Ч_r = \sqrt{n} = \sqrt{40} = 6-7 \text{ групп.}$$

Как правило, когда n находится в пределах 30-60, берут 6-7 групп, 60-70 – 7-8 групп, более 100 – 8-15 групп.

2. Интервал групп (колосьев)

$$i = (x_{\max} - x_{\min}) : Ч_r = (10,7-4,2) : 6 = 1 \text{ см.}$$

значение интервалов групп округляют до целого числа.

3. Первая группа начинается наименьшим числом (4,2), к которому + интервал  $i=1$  см. Вычисляют среднее значение групп, одно из которых берется за произвольное начало А. Оно должно быть в середине и иметь наибольшую частоту.

Это 6,9 – его частота = 15.

Таблица 1

Обработка вариационного ряда

Группы, см	Среднее значение группы, x	Частота, f	Отклонения, x-A	f (x-A)	(x-A) <sup>2</sup>	f (x-A) <sup>2</sup>
4,5-5,2	4,7	5	-2,2	11,0	4,84	24,20
5,3-6,3	5,8	8	-1,1	-8,8	1,21	9,68
6,4-7,4	6,9	15	0	0	0	0
7,5-8,5	8,0	5	1,1	5,5	1,21	6,05
8,6-9,6	9,1	4	2,2	8,8	4,84	19,36
9,7-10,7	10,2	3	3,3	9,9	10,89	32,67
		$\Sigma f=40$		$\Sigma f(x-A) = 4,4$		$\Sigma f(x-A)^2 = 91,96$

4. Сумма всех чисел должна быть равной объему выборки (n):

$$\Sigma f = n = 40.$$

5. Вычитая значения из произвольного начала получают отклонения x-A («+»или «-»).

6. Вычислите произвольный момент первой степени

$$v = \Sigma f(x-A) : n = 4,4 : 40 = +0,11.$$

7. Найдите среднюю арифметическую

$$\bar{x} = A + v = 6,9 + 0,11 = 7,01 \text{ см.}$$

8. Рассчитайте корректирующий фактор

$$C = [\Sigma f(x-A)]^2 : n = 4,4^2 : 40 = 0,484.$$

9. Вычислите дисперсию

$$S^2 = \Sigma f (x-A)^2 - C : (n-1) = 91,96 - 0,484 : (40-1) = 2,35$$

10. Рассчитайте стандартное отклонение

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{2,35} = 1,53 \text{ см.}$$

11. Найдите коэффициент вариации

$$V = 100 S : \bar{x} = 100 \cdot 1,53 : 7,01 = 21,8\%.$$

12. Рассчитайте ошибку выборочной средней

$$S_{\bar{x}} = S : \sqrt{n} = 1,53 : \sqrt{40} = 0,242 \text{ см.}$$

13. Вычислите относительную ошибку среднего арифметического

$$S_{\bar{x}} \% = S_{\bar{x}} \cdot 100 : \bar{x} = 0,242 \cdot 100 : 7,01 = 3,45 \%$$

14. Интегральную оценку средней арифметической дайте на двух уровнях вероятности  $P_{0,99}$ ;  $P_{0,95}$ . Для этого:

Вычислите число степени свободы

$$v = n - 1 = 40 - 1 = 39$$

По таблице Стьюдента найдите теоретическое значение  $t_{0,99}$  и  $t_{0,95}$ , которые подставляют в формулу для интегральной оценки

$$\bar{x} \pm t S_{\bar{x}}$$

Произведение  $t S_{\bar{x}}$  называют областью индивидуального рассеивания

$$7,01 + 2,04 \cdot 0,242 = 7,5$$

$$7,01 - 2,04 \cdot 0,242 = 6,52$$

$$7,01 + 2,75 \cdot 0,242 = 7,65$$

$$7,01 - 2,75 \cdot 0,242 = 6,34$$

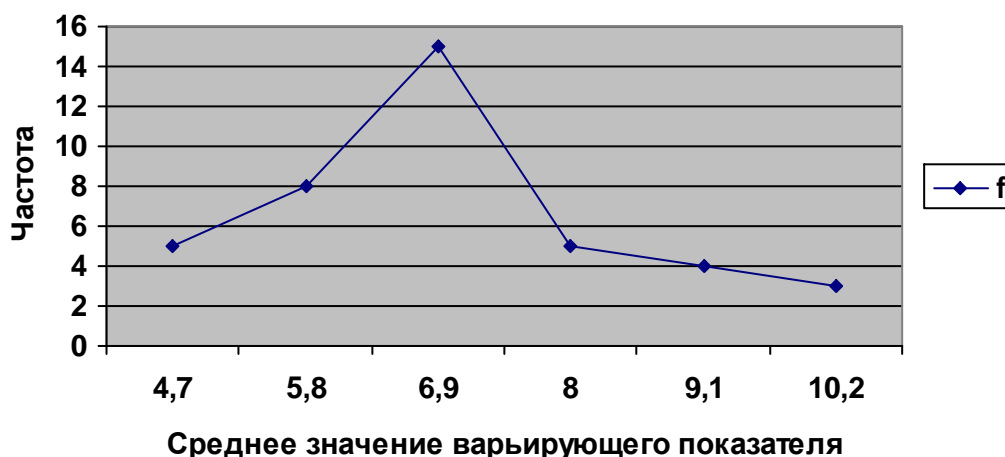
$$t_{0,95} = 2,04$$

$$P_{0,99} \text{ } 6,34 - 7,65 \text{ см}$$

$$t_{0,99} = 2,75$$

$$P_{0,95} \text{ } 6,52 - 7,50 \text{ см}$$

15. Изобразите вариационный ряд графически



Графическое изображение вариационного ряда

$x$  – значение варьирующего показателя

$f$  – частота.

16. Сделайте вывод на основании полученных результатов:

1. Средняя арифметическая длины колоса 7,01 см.
2. Коэффициент вариации (V) 21,8 свидетельствует о значительной вариации длины колосьев.
3. Значение относительной ошибки 3,45 % указывает на то, что средняя арифметическая вычислена с удовлетворительной точностью.
4. К данному вариационному ряду относятся колосья в интервале 6,52-7,50 на уровне  $P_{0,95}$  и 6,34 – 7,35 на уровне  $P_{0,99}$ .
5. На графике кривая вариационного ряда имеет одну вершину, что свидетельствует об однородности выборки.

II. Вывод.

III. Контрольные вопросы:

1. Основные понятия и задачи в статистических методах анализа.
2. Понятие об изменчивости, совокупности и выборке. Распределение частот и его графическое изображение.
3. Статистические характеристики количественной и качественной изменчивости.

***Лабораторно-практическая работа № 5: Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта***

***Цель:*** Научиться проводить дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта.

Основная задача дисперсионного анализа определить доли, или степени, влияния различных факторов в отдельности, а также их суммарного воздействия на изменчивость изучаемого признака, например урожая в опыте. Признаки, изменяющиеся под воздействием тех или иных причин, факторов, называются результативными.

Факторы в опыте испытываются серийно, то есть имеют градации. Градация фактора – это степень его воздействия на результативный признак.

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

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



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

В результате дисперсионного анализа получают данные, характеризующие общее рассеивание, или дисперсию признака, обусловленную действием всех факторов, частную, или факториальную дисперсию, вызванную влиянием организованных и учтённых исследователем факторов, и остаточную дисперсию, связанную с неизвестными экспериментатору случайными, неорганизованными в данном исследовании факторами.

Статистическое изучение влияния одного или нескольких факторов на результативный признак, а также взаимодействия изучаемых факторов и составляет сущность дисперсионного анализа.

### **Ход работы:**

#### I. Задание.

Проведите обработку данных урожайности культуры методом дисперсионного анализа (приложение 3. и 3.1.). Для этого:

1. Составьте таблицу урожаев, посчитайте суммы по вариантам ( $V$ ), повторениям ( $P$ ) и общую сумму всех поделяночных урожаев ( $\Sigma_X$ ). При этом сумма всех сумм по вариантам ( $\Sigma_V$ ) и сумма всех сумм по повторениям ( $\Sigma_P$ ) должны быть равны между собой и равны общей сумме всех поделяночных урожаев ( $\Sigma_X$ ), т. е.  $\Sigma_V = \Sigma_P = \Sigma_X$ . Если равенства нет, то в вычислениях ошибка.

Таблица 1

Урожайность озимой пшеницы, ц/га

Вариант	Повторения, X			Сумма, V	Среднее, $\bar{X}$
	1	2	3		
1	47,8	46,9	45,4	140	46,6
2	53,7	50,3	50,6	154	51,3
3	46,7	42,0	43,4	132	44,0
4	48,0	47,0	45,0	140	46,6
P	196	186	184	$\Sigma_X = 566$	$\bar{X}_N = 47,0$

2. Выберите произвольное начало  $A$  – целое число, близкое к среднему урожаю по опыту. В нашем примере это 47.

Составьте таблицу отклонений ( $x - A$ ) и квадратов отклонений поделяночных урожаев от произвольного числа  $A$ , близкого к  $\bar{X}_N$ . Найдите суммы отклонений по вариантам ( $V_A$ ), повторениям ( $P_A$ ), и общую сумму отклонений ( $\Sigma_{X-A}$ ). Проверьте правильность расчетов по равенству  $V_A = P_A = \Sigma_{X-A}$ .

Таблица 2

Отклонения и квадраты отклонений от произвольного начала  $A=47$ 

Вариант	$(x - A)$			$V_A$	$(x - A)^2$			$\Sigma V_A^2$	$V_A^2$
	1	2	3		1	2	3		
1	0,8	-0,1	-1,6	-0,9	0,64	0,01	2,52	3,17	0,81
2	6,7	3,3	3,6	13,6	44,9	10,9	13,0	68,6	184,9
3	-0,3	-5,0	-3,6	-8,9	0,09	25,0	13,0	38,0	79,2
4	1,0	0	-2,0	-1,0	1,0	0	4,0	5,0	1,0
$P_A$	8,2	-1,8	-3,6	$\Sigma_{X-A}$ =2,8	$\Sigma_{(X-A)^2}$ =46,6	$\Sigma_{(X-A)^2}$ =35,9	$\Sigma_{(X-A)^2}$ =32,5	$\Sigma \Sigma_{(X-A)^2}$ =115	$\Sigma V_A^2$ =226
					$P_A^2$ =67,0	$P_A^2$ =3,2	$P_A^2$ =13,0	$\Sigma P_A^2$ =83,0	$(\Sigma_{(X-A)})^2$ =7,8

3. Рассчитайте суммы квадратов отклонений для различных источников варьирования.

Общее число наблюдений  $N = l \cdot n = 4 \cdot 3 = 12$

Корректирующий фактор  $C = (\Sigma_{(X-A)})^2 : l \cdot n = 7,8 : 12 = 0,7$

Виды варьирования (суммы квадратов) :

Общее  $C_y = \Sigma \Sigma_{(X-A)^2} - C = 115 - 0,7 = 114,3$

Повторений  $C_p = \Sigma P_A^2 : l - C = 83 : 4 - 0,7 = 20,01$

Вариантов  $C_v = \Sigma V_A^2 : n - C = 266 : 3 - 0,7 = 74,6$

Ошибки (остатка)  $C_z = C_y - C_p - C_v = 114,3 - 20,01 - 74,6 = 19,6$

4. Вычислите число степеней свободы.

Общего рассеивания  $V_y = N - 1 = 12 - 1 = 11$

Повторений  $V_p = n - 1 = 3 - 1 = 2$

Вариантов  $V_v = l - 1 = 4 - 1 = 3$

Остатка  $V_z = (l - 1) \cdot (n - 1) = (4 - 1) \cdot (3 - 1) = 6$

5. Вычислите дисперсию.

Вариантов  $S_v^2 = C_v : V_v = 74,6 : 3 = 24,9$

Остатка (ошибки)  $S_z^2 = C_z : V_z = 19,6 : 6 = 3,3$

Данные занесите в таблицу:

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа

Рассеивание	Сумма квадратов	Число степеней свободы, $V$	Средняя квадратич. (дисп.), $S^2$	F факт.	F теоретическое	
					0,95	0,99
Общее	114,3	11	-			
Повторений	20	2	-			
Вариантов	74,6	3	24,9	7,6	4,76	9,78
Остатка (ошибки)	19,6	6	3,3			

6. Рассчитайте фактическое значение критерия Фишера ( $F_{\text{факт}}$ ).

$$F_{\text{факт}} = S_V^2 : S_v^2 = 24,9 : 3,3 = 7,6$$

7. Теоретическое значение критерия Фишера находят по таблице (приложение 4 и 5), используя число степеней свободы вариантов 3 (колонка с числом 3) и остатка – 6 (шестая строчка), на их пересечении находят  $F_{0,95} = 4,76$  и  $F_{0,99} = 9,78$ .

8. Сравнивая фактический и теоретический критерий Фишера, делают вывод о достоверности опыта.

Вывод: т.к. фактическое значение критерия Фишера составляет 7,6, что больше  $F_{0,95}$  (4,76) и  $F_{0,99}$  (9,78), то опыт достоверный на обоих уровнях доверительной вероятности –  $P_{0,99}$ ,  $P_{0,95}$ .

Это значит, что между средними арифметическими пар вариантов разности будут достоверными и дисперсионный анализ надо продолжать.

Если  $F$  расчетный намного меньше теоретического значения, тогда все расчеты прекращают и делают вывод об отсутствии достоверных разностей между какими либо парами вариантов опыта.

9. Для характеристики частных различий и точности опыта рассчитайте обобщенную ошибку опыта ( $E$ ), ошибку разности ( $S_d$ ), наименьшую существенную разность ( $НСР_{0,5}$ ) и показатель точности опыта ( $S_x\%$ ).

Обобщенную ошибку опыта ( $E$ ) и ошибку разности ( $S_d$ ) рассчитывают

$$E = \sqrt{S_z^2 : n} = \sqrt{3,3 : 3} = 1,05$$

$$S_d = E \cdot 1,41 = 1,05 \cdot 1,41 = 1,5$$

(1,41 – постоянное число,  $\sqrt{2}$ ).

Наименьшую существенную разность ( $НСР$ ) рассчитывают в двух уровнях достоверности

$$НСР_{0,95} = S_d \cdot t_{0,95} = 1,5 \cdot 2,45 = 3,7 \text{ ц/га}$$

$$НСР_{0,99} = S_d \cdot t_{0,99} = 1,05 \cdot 3,71 = 5,6 \text{ ц/га}$$

Теоретическое значение критерия Стьюдента находят в таблице (приложение 6) по числу степеней свободы остаточного рассеивания  $V_z$ , которое у нас составляет 6.

В графе таблицы ( $P_{0,95}$  и  $P_{0,99}$ ), а в строке (в приведенном примере) число 6.

10. Затем вычисляют относительную ошибку всего опыта:

$$S_x\% = 100 E : \bar{X}_N = 100 \cdot 1,05 : 47 = 2,2 \%$$

11. Составляем итоговую таблицу дисперсионного анализа

Таблица 4

Итоговая таблица дисперсионного анализа

Варианты	$\bar{X}_N$	Разность	НСР		$S_x\%$
			0,95	0,99	
1	46,7	-			
2	51,3	5,9	3,7	5,6	2,2
3	44,0	-1,1			
4	46,7	0,2			

12. Сравнивая разности между парами средних арифметических со значением НСР, делают выводы о существенности этих разностей. При этом придерживаются правила: если разность между какими-либо парами средних арифметических больше, чем значения НСР или равна им, тогда эти разности существенны.

Выводы:

- 1) поскольку во втором варианте прирост урожайности составляет 5,9ц/га, что больше  $НСР_{0,95}$  (1,0) и  $НСР_{0,99}$  (5,6), он достоверен на обоих уровнях доверительной вероятности;
- 2) в третьем варианте прирост урожайности составляет -1,1 ц/га, что меньше  $НСР_{0,95}$  (3,7) и  $НСР_{0,99}$  (5,6), то он недостоверен на обоих уровнях доверительной вероятности;
- 3) в 4 варианте прирост составляет 0,2 ц/га, что меньше  $НСР_{0,95}$  (3,7) и  $НСР_{0,99}$  (5,6), то он недостоверен на обоих уровнях доверительной вероятности;
- 4) значение относительной ошибки  $S_x\%$ , которая составляет 2,2 свидетельствует об очень высокой точности опыта (если  $S_x\% > 7$ , точность опыта – неудовлетворительная).

II. Вывод.

III. Контрольные вопросы:

1.Основная задача дисперсионного анализа.

2.Сущность и основы метода.

3. Факторы (причины), влияющие на степень варьирования результивного признака.

### ***Лабораторно-практическая работа № 6: Корреляционный и регрессионный анализ***

**Цель:** Научиться проводить корреляционный и регрессионный анализ.

Любое исследование с методологической точки зрения можно свести к решению трёх основных задач:

- 1.Выявлению количественных и качественных различий между наблюдаемыми явлениями;
2. Определению причинно-следственных связей, вызывающих эти различия;
- 3.Направленному использованию этих связей.

Корреляционно- регрессионный анализ применяется для изучения связей и зависимости между наблюдаемыми явлениями. Причинно- следственные связи при математическом анализе могут выражаться в двух формах: функциональной и корреляционной. При функциональной зависимости каждому значению независимой переменной  $x$  (аргумент) соответствует только одно значение

зависимой переменной  $y$  (функция). При корреляционной же зависимости одному значению аргумента соответствуют несколько значений функций.

Для большинства явлений природы, служащих объектами научных исследований, наиболее характерны корреляционные связи.

Корреляционная связь не ставит вопроса о причинной зависимости, а стремится установить сопутствует или не сопутствует изменению какого-либо признака или свойства соответствующее определённо направленное изменение другого признака или свойства.

По форме связей корреляция может быть прямолинейной и криволинейной, по направлению прямой и обратной.

При прямой корреляции с увеличением значения признака  $X$  увеличивается значение признака  $Y$  (чем быстрее нарастает число клубней картофеля определённых размеров, тем выше урожай; чем больше длина листа, тем больше его площадь).

При обратной корреляции с увеличением значения признака  $X$  значение признака  $Y$  уменьшается (при постоянном увеличении массы корней свёклы, уменьшается их сахаристость).

При криволинейной корреляции значения  $X$  и  $Y$  изменяются сначала в одном направлении, а затем в противоположных (при постоянно возрастающих дозах фактора  $X$ , урожай сначала возрастает, затем стабилизируется, а после дальнейшего увеличения признака  $X$  снижается). Линейная корреляция выражается коэффициентом корреляции  $r$ , а криволинейная - отношением  $\eta$  («эта»).

По числу связей корреляция может быть простой, когда имеется связь между двумя признаками и множественной., когда связано три признака и более.

О силе связей делают вывод согласно правилу: если коэффициент корреляции равен 1- связь полная, если он составляет 0,66 - 0,99 - сильная, 0,33-0,66- средняя, менее 0,33- слабая.

О направлении связи вывод делают в зависимости от знака коэффициента корреляции: «плюс»-корреляция прямая, «минус» - обратная.

### ***Ход работы:***

#### **I. Задание.**

Проведите корреляционный и регрессионный анализы линейной зависимости. Для этого:

1. Составьте таблицу корреляционной зависимости.

Таблица 1

Корреляционная зависимость между произведением длинны листьев яблони на их ширину ( $X$ ) и площадью листьев ( $Y$ )

Номер листа	$X$ , см	$Y$ , см	$X - x$	$Y - y$	$(X - x)^2$	$(Y - y)^2$	$\sum(X - x) * (Y - y)$
1	15,8	7,2	-21,6	-16,8	466,56	282,24	362,88
2	18,8	11,8	-18,6	-12,2	345,96	148,84	226,92
3	27,0	18,6	-10,4	-5,4	108,16	29,16	56,16

4	28,8	19,1	-8,6	-4,9	73,96	24,01	42,14
5	28,8	19,4	-8,6	-4,6	73,96	21,16	39,56
6	29,6	19,5	-7,8	-4,5	60,84	20,25	35,10
7	32,5	21,6	-4,9	-2,4	24,01	5,76	11,16
8	32,8	22,1	-4,6	-1,9	21,16	3,61	8,74
9	36,5	23,1	-0,9	-0,9	0,81	0,81	0,81
10	38,5	23,2	1,1	-0,8	1,21	0,64	0,88
11	39,6	23,6	2,2	-0,4	4,84	0,16	0,88
12	39,7	26,5	2,3	2,5	5,29	6,25	5,75
13	39,7	27,3	2,3	3,3	5,29	10,89	7,59
14	44,5	28,6	7,1	4,6	50,41	21,16	32,66
15	46,2	29,3	8,8	5,3	77,44	28,09	46,64
16	46,4	29,7	9,0	5,7	81,00	32,49	51,30
17	48,0	30,4	10,6	6,4	112,36	40,96	67,84
18	49,8	30,8	12,4	6,8	153,76	46,24	84,32
19	51,0	34,4	13,6	10,4	184,96	108,16	141,44
20	53,9	34,6	16,5	10,6	272,25	112,36	174,90
	x=37,4	y=24,0	$\sum(X - x) = -0,1$	$\sum(Y - y) = 0,8$	$\sum(X - x)^2 = 2124,23$	$\sum(Y - y)^2 = 943,24$	$\sum(X - x) * (Y - y) = 1397,67$

Число пар n = 20.

2. Вычислите коэффициент корреляции (r).

$$r = \frac{\sum(X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{x})^2 \cdot \sum(Y - \bar{y})^2}} = \frac{1397,67}{\sqrt{2124,23 \cdot 943,24}} = +0,987$$

3. Ошибку коэффициента корреляции ( $S_r$ ).

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}} = \sqrt{\frac{1 - 0,974}{20 - 2}} = 0,00144.$$

4. Критерий достоверности коэффициента корреляции ( $t_r$ ).

$$t_r = \frac{r}{S_r} = \frac{0,987}{0,00144} = 685$$

Теоретическое значение критерия t находят по таблице Стьюдента (приложение б) при числе степеней свободы  $u_r = n - 2 = 20 - 2 = 18$ ;  $t_{0,95} = 2,1$ ;  $t_{0,99} = 2,88$ .

Для выводов о силе корреляционной связи между площадью листьев яблони и произведением их длины на ширину пользуются следующей условной шкалой: если r находится в пределах от 0 до 0,33, то связь слабая, от 0,33 до 0,66 – средняя, от 0,66 до 0,99 – сильная, если r равно 1 – связь полная. Вывод о направлении связи делают по знаку коэффициента корреляции: при знаке «+» корреляция прямая, «-» - обратная.

Выводы:

1. Так как коэффициент корреляции  $r = +0,987$ , то связь между изучаемыми показателями прямая и сильная, приближающаяся к полной.

2. Критерий достоверности  $t_r$  (685) больше  $t_{0,95}$  и  $t_{0,99}$  следовательно, связь достоверна на самых высоких уровнях доверительной вероятности.

Если число пар незначительное, т.е. выборка малочисленна, оценка достоверности коэффициента корреляции по  $t_r$  искажается. Р. Фишер предложил оценивать достоверность коэффициента корреляции по критерию  $t_z = \frac{z}{\sqrt{n-3}}$ , где  $z$  находят по таблице 6 приложений для определенного значения  $r$ . При  $r = 0,75$ ,  $n = 8$ ,  $z = 0,973$   $t_z = 0,973 \sqrt{8-3} = 2,21$ . Число степеней свободы  $u_r = n-2 = 8-2 = 6$ . Для  $u_z = 6$   $t_{0,95} = 2,45$ ,  $t_{0,99} = 3,71$ . Так как  $t_z$  меньше  $t_{0,95}$  и  $t_{0,99}$ , связь недостоверна.

*Оптимизация числа пар для изучения корреляционной связи.* Для проведения корреляционного анализа с заданной точностью число пар  $n$  можно вычислить по формуле  $n_{\text{опт}} = \left(\frac{t^2}{z^2} + 3\right)$ , где  $t$  - критерий Стьюдента;  $z$  - показатель, предложенный Р.Фишером. Для приведенного выше примера фактическое значение  $n = 8$ ,  $u_r = 6$ . Для такого числа степеней свободы  $t_{0,95} = 2,45$ , а  $z = 0,973$ . Тогда:

5. для  $P_{0,95}$   $n_{\text{опт}} = \frac{t_{0,95}^2}{z^2} + 3 = \frac{2,45^2}{0,973^2} + 3 \approx 10$  пар;

6. для  $P_{0,99}$   $n_{\text{опт}} = \frac{t_{0,99}^2}{z^2} + 3 = \frac{3,71^2}{0,973^2} + 3 \approx 18$  пар.

Таким образом, для проведения корреляционного анализа на уровне  $P_{0,95}$  необходимо иметь выборку не из 8, а из 10 пар. На уровне  $P_{0,99}$  число пар должно быть 18.

II. Регрессионный анализ проводится при сильной и достоверной связи и любом направлении (прямом или обратном).

В нашем случае это целесообразно сделать по произведению длины листа на его ширину, т.е. по значению  $X$  определить площадь листьев  $Y$ . Уравнение линейной регрессии имеет вид  $Y = \bar{y} + R_{yx}(X - \bar{x})$ , где  $\bar{y}$  и  $\bar{x}$  - средние арифметические анализируемых вариационных рядов;  $X$  - произведение длины на ширину для листьев, площадь которых надо определить.

$$\text{Вычисляют } R_{yx} = \frac{\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sum (X - \bar{x})^2} = \frac{1397,67}{2124,23} = +0,658 \text{ см}^2 \text{ на 1 см произведения}$$

длины на ширину. Тогда  $Y = 24,0 + 0,658 (X - 37,4)$ .

Пусть средняя произведения длины на ширину для 30 листьев яблони равна 44,5 см. Подставив это значение в предыдущее уравнение, получим  $Y = 24,0 + 0,658 (44,5 - 37,4) = 24,0 + 4,64 = 28,67 \text{ см}^2$ . Фактическая площадь 14-го листа равна  $28,6 \text{ см}^2$ . Разница между расчетным и фактическим значениями составляет  $28,67 - 28,6 = 0,07 \text{ см}^2$ , или  $(0,07 \cdot 100) : 28,6 = 0,25 \%$ . Ошибка 0,25 % свидетельствует о достаточно высокой точности определения площади листьев яблони по произведению длины на ширину листа.

I. Вывод.

II. Контрольные вопросы:

1. Значение корреляционного анализа в опытной работе.
2. Классификация корреляций.
3. Значение регрессионного анализа.

**ВОПРОСЫ К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

**Семинарское занятие № 1**

**Тема: Основные понятия. Классификация методов исследования. Особенности проведения и основные элементы методики по организации полевых опытов**

Вопросы:

1. Краткая история опытного дела.
2. Структура и задачи научных учреждений.
3. Основные понятия и термины в агрономических исследованиях.
4. Понятие научного исследования и его этапы.
5. Уровни и виды научных исследований.
6. Системный подход в науке (биогеоценоз, экосистема).
7. Общенаучные методы, используемые в агрономических исследованиях.
8. Классификация основных агрономических методов исследования.
9. Лабораторный и вегетационный методы исследования, их сущность и особенности проведения.
10. Лизиметрический и вегетационно-полевой методы исследования, их сущность и особенности проведения.
11. Полевой и экспедиционный методы исследования, их сущность и особенности проведения.
12. Основные требования, предъявляемые к полевому опыту: типичность и принцип единственного различия; учет урожая и достоверность опыта по существу.
13. Классификация агрономических опытов: агротехнические и по сортоиспытанию.
14. Классификация полевых опытов по длительности проведения, числу изучаемых факторов и по географическому охвату объектов исследования.
16. Характеристика опытов, проводимых в научно-исследовательских учреждениях и на производстве.
17. Особенности условий проведения полевого опыта: метеорологические условия и почвенное плодородие.
15. Реконгносцировочный (разведывательный) посев. Закономерности территориальной изменчивости плодородия почвы опытных участков.



16. Выбор и подготовка земельного участка под опыт (рельеф, однородность почвенного покрова, история опытного участка).
17. Особенности систематического размещения вариантов в опыте.
18. Особенности размещения вариантов в опыте методом рендомизации.
19. Особенности стандартного размещения вариантов в опыте.
20. Выбор темы, определение цели, задач и объектов исследования.
21. Изучение и анализ современного состояния изучаемого вопроса и постановка рабочей гипотезы.
22. Обоснование актуальности, новизны и практической значимости вопроса.

### *Семинарское занятие № 2*

**Тема: Планирование сельскохозяйственного эксперимента, учетов и наблюдений. Документация и отчетность по опыту.**

#### Вопросы:

1. Разработка схем однофакторных и многофакторных экспериментов. Требования, предъявляемые к схеме опыта.
2. Теоретические основы планирования.
3. Выбор параметров.
4. Выбор факторов.
5. Выбор модели опыта.
6. Составление схемы однофакторного опыта.
7. Составление схемы многофакторного опыта.
8. Матрица планирования полного факториального эксперимента.
9. Матрица планирования неполного факториального эксперимента.
10. Использование математических методов при планировании оптимальной структуры эксперимента.
11. Этапы закладки лабораторного, вегетационного, лизиметрического, вегетационно-полевого и полевого опытов.
12. Требования к основным работам на опытном участке.
13. Подготовка опыта к уборке и учету урожая. Методы учета урожая: сплошной, по пробным снопам, по пробным площадкам.
14. Документация по опыту: первичная и основная. Требования, предъявляемые к научному отчету.
15. Основные требования к наблюдениям и учетам в опыте и общие принципы планирования.
16. Фенологические наблюдения и учет густоты стояния посевов.
17. Учет высоты и облиственности растений.
18. Интенсивность нарастания растительной массы и чистой продуктивности фотосинтеза.
19. Визуальная оценка посевов, морозо- и зимостойкость озимых культур, кустарников и ягодников. Определение устойчивости посевов к полеганию.

20. Учет засоренности посевов: глазомерный, количественный, количественно-весовой.
21. Фитопатологические и энтомологические наблюдения и учеты на зерновых культурах.
22. Фитопатологические и энтомологические наблюдения и учеты на кормовых культурах.
23. Методика изучения корневой системы (метод монолитов, рамочные выемки и буровой метод).
24. Изучение физических свойств почвы.

### ***Семинарское занятие № 3***

***Тема: Частные вопросы методики полевого опыта.***

Вопросы:

1. Методика проведения полевых опытов по защите почв от эрозии.
2. Методика проведения полевых опытов с овощными и плодовыми культурами.
3. Особенности техники закладки и проведения опытов с лекарственными растениями.
4. Особенности методики проведения опытов на сенокосах и пастбищах.
5. Особенности методики опытов Госсортосети.
6. Методика и техника постановки полевых опытов в условиях производства (опыты-пробы, точные сравнительные полевые опыты, демонстрационные опыты).

### ***Семинарское занятие № 4***

***Тема: Математическая обработка результатов полевых опытов.***

Вопросы:

1. Основные понятия и задачи в статистических методах анализа.
2. Понятие об изменчивости, совокупности и выборке. Распределение частот и его графическое изображение.
3. Статистические характеристики количественной и качественной изменчивости.
4. Дисперсионный анализ. Сущность и основы метода.
5. Факторы (причины), влияющие на степень варьирования результативного признака.
6. Дисперсионный анализ двухфакторного полевого опыта, его отличие от анализа однофакторного полевого опыта.
7. Значение корреляционного и регрессионного анализов в опытной работе.
8. Корреляционный анализ.
9. Регрессионный анализ.

## *ГЛОССАРИЙ*

Вариант опыта	изучаемое растение, сорт, условия возделывания, агротехнический прием или их сочетание.
Вариационный ряд	ряд данных, в которых указаны значения варьирующего признака в порядке возрастания или убывания и соответствующие им численности объектов – частоты.
Вероятность	мера объективной возможности события, отношение числа благоприятных случаев к общему числу всех возможных случаев. Обозначается буквой <i>P</i> .
Выключка	часть учетной делянки, исключенная из учета из-за случайных повреждений или ошибок, допущенных при проведении опыта.
Делянка опытная	элементарная единица опыта, часть площади опыта, имеющая определенные размер и форму и предназначения для размещения отдельного варианта.
Делянка учетная	часть площади опытной делянки, предназначенная для учета урожая (без боковых и концевых защиток).
Дисперсионный анализ	метод анализа результатов эксперимента, заключающийся в разложении общей изменчивости результативного признака, например урожая, на части – компоненты, соответствующие повторениям, вариантам, ошибкам случайного порядка и т.д. Значимость действия и взаимодействия изучаемых факторов оценивают по <i>F</i> и <i>НСР</i> <sub>0,5</sub> .
Достоверность опыта	правильно спланированные и реализованные схема и методика проведения опыта, соответствие их поставленным перед исследователем задачам, правильный выбор объекта, условий проведения опыта и метода статистической обработки данных.
Защитная полоса, защита	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.

Значимость (существенность)	мера объективной возможности (риск) сделать ошибочное заключение при оценке результатов опыта. При оценке результатов полевого опыта принято опираться на 5 %-ный уровень значимости, при котором риск сделать ошибочное заключение составляет 5 %. При более строгой оценке принимают 1 %- ный уровень значимости.
Изменчивость	вариабельность, вариация индивидуальных значений признаков $X$ около среднего значения $\bar{x}$ . Основной мерой изменчивости являются дисперсия $s^2$ и стандартное отклонение $s$ .
Контроль (стандарт)	один или несколько вариантов, с которыми сравнивают опытные варианты.
Корреляционный анализ	статистический метод определения тесноты и формы связи между признаками.
Корреляция	взаимосвязь между признаками, заключающаяся в том, что средняя величина значений одного признака меняется в зависимости от изменения другого признака.
Коэффициент вариации (изменчивости)	относительный показатель изменчивости признака, представляющий отношение стандартного отклонения к средней арифметической, выраженное в процентах. Обозначается буквой $V$ .
Коэффициент корреляции	статистический показатель тесноты (силы) связи. Обозначается буквой $r$ .
Коэффициент регрессии	$R_{xy}$ - число, показывающее, в каком направлении и на какую величину изменяется в среднем зависимая переменная $Y$ (результативный признак) при изменении независимой переменной $X$ на единицу измерения.
Латинский квадрат	схема рендомизированного (случайного) размещения вариантов в опыте, в котором делянки располагаются рядами и столбцами. В каждом ряду и столбце должен быть полный набор вариантов схемы ( повторения ), и, следовательно, в латинском квадрате число повторений равно числу вариантов, а общее число делянок равно квадрату числа вариантов.

Латинский прямоугольник	схема рендомизированного (случайного) размещения вариантов в опыте. В основе лежит латинский квадрат, который и определяет повторность опыта, число рядов и столбцов. Число вариантов должно быть кратным повторности.
Методика полевого опыта	совокупность слагающих ее элементов: число вариантов, площадь делянок, их форма и направление, повторность, система размещения вариантов, повторений и делянок на территории, метод учета урожая, организация опыта во времени, а также метод статистического анализа данных.
Метод расщепленных делянок	эксперимент, в котором делянки одного опыта используют как блоки для другого. Делянки первого порядка расщепляют на делянки второго порядка, а последние – на более мелкие делянки третьего порядка. Метод расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов используют для закладки многофакторных опытов.
Метод рендомизированных (случайных) повторений	эксперимент, в котором варианты по делянкам размещены в случайном порядке по таблице случайных чисел или по жребию.
Наименьшая существенная разность (НСР)	величина, указывающая границу возможных случайных отклонений в эксперименте; это та минимальная разность в урожаях между средними, которая в данном опыте признается существенной при 5 %-ном (НСР <sub>0,95</sub> ) или 1 %-ном (НСР <sub>0,99</sub> ) уровне значимости.
Опыт	исследование, осуществляемое на специально выделенном участке для оценки действия различных вариантов (сортов) на урожай растений и его качество.
Ошибка выборки	ошибка опыта, мера расхождения между результатами выборочного исследования и истинным значением измеряемой величины. При обработке результатов опыта методом дисперсионного анализа определяют обобщенную ошибку средних, выражаемую в тех же измерениях, что и изучаемый признак. Ошибку $s_x$ , выраженную в процентах от соответствующей средней, называют относительной ошибкой опыта или выборки ( $s_x$ %). В

полевом опыте величину  $s_x$  % (старое обозначение  $m$  % или  $P$ ), часто без учета уровня урожайности, используют в качестве показателя, характеризующего точность полевого опыта.

Относительная ошибка	ошибка средней, выраженная в процентах от соответствующей средней.
Повторение	часть площади опытного участка, включающая делянки с полным набором вариантов схемы опыта.
Повторность	число одноименных делянок каждого варианта в данном полевом опыте. Повторность опыта во времени – число лет испытания агротехнических приемов или сортов число одноименных делянок каждого варианта в данном полевом опыте.
Производственный, сельскохозяйственный опыт	комплексное исследование, которое проводится в производственных условиях бригадами, отделениями, хозяйствами или группой хозяйств и отвечает конкретным задачам производства, его развития и совершенствования.
Рекогносцировочный (разведывательный) посев	сплошной посев одной культуры, предшествующий закладке опыта и проводимый для выявления степени однородности (путем дробного учета урожая) почвенного плодородия на площади опыта.
Систематическое размещение вариантов	схема, при которой порядок следования вариантов в каждом повторении подчиняется определенной системе (последовательно, в шахматном порядке).
Схема опыта	совокупность опытных и контрольных вариантов, объединённых общей идеей.
Типичность (репрезентативность)	соответствие условий проведения опыта почвенно-климатическим и агротехническим условиям сельскохозяйственного производства данной зоны.
Уровень значимости	риск сделать ошибочное заключение. В агрономических исследованиях допускается 5 и 1 %. Обозначается буквой $P$ .

Учет урожая сплошной	метод учета урожая, при котором взвешивают и учитывают всю товарную часть продукции со всей площади каждой учетной делянки опыта.
Факториальный опыт (ПФЭ)	многофакторный опыт, схема которого включает все возможные сочетания (комбинации) факторов, что позволяет установить действие и взаимодействие изучаемых факторов.
Число степеней свободы	варьирующих величин. Обозначается буквой $\nu$ и в простейшем случае равно числу всех наблюдений, уменьшенному на единицу ( $n - 1$ ).

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная литература**

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)/ Б.А. Доспехов. –М.: Агропромиздат, 1985. -351с.
2. Основы научных исследований в агрономии. /В.Ф. Моисейченко, М.Ф. Трифонова, А.Х. Заверюха, В.Е. Ещенко. –М.: Колос, 1996. -336с.
3. Основы научных исследований в овощеводстве и плодоводстве. /В.Ф. Моисейченко, М.Ф. Трифонова, А.Х. Заверюха, В.Е. Ещенко. –М.: Колос, 1994. -336с.
4. Попеляева, Н.Н. Основы научных исследований в агрономии. Лабораторно-практические и семинарские занятия (Методические рекомендации) /Н.Н. Попеляева. –Горно-Алтайск.РИО Горно-Алтайский госуниверситет,2007.-57 с.

### **Дополнительная литература**

5. Глуховцев, В.В., Кириченко В.Г., Зудилин С.Н. Практикум по основам научных исследований в агрономии / В.В. Глуховцев, В.Г. Кириченко, С.Н. Зудилин. – М.: Колос,2006.- 240 с.
6. Голубев, Б.А. Лизиметрические методы исследования в почвоведении и агрохимии/ Б.А. Голубев. –М.: Наука, 1967. -111с.
7. Кирюшин, Б.Д. Методика научной агрономии. Часть II. Постановка опытов и статистико- агрономическая оценка их результатов.Учебное пособие /Б.Д. Кирюшин.-М.: Изд-во МСХА, 2005.- 199 с.
8. Лакин, Г.Ф. Биометрия./Г.Ф.Лакин. –М.: Высшая школа, 1980. -291с.
9. Макаров, В.М., Тиброва, М.А. Методика полевых опытов с овощными культурами/ В.М. Макаров, М.А. Тиброва. –М.: Сельхозгиз, 1956. -103с.

10. Максимов, В.Н. Многофакторный эксперимент в биологии/ Максимов В.Н. В.Н.Максимов. –М.: Изд-во Моск. ун-та., 1980. -270с.
11. Опытное дело в полеводстве. /Г.Ф. Никитенко. –М.: Россельхозиздат, 1982. -190с.
12. Присыпкин, В.Ф., Коваленко, С.Н., Шелестова, В.С., Асатур, М.К. Практикум по методике опытного дела в защите растений/ В.Ф.Присыпкин, С.Н.Коваленко, В.С.Шелестова, М.К. Асатур –М.: Агропромиздат, 1989. -174с.
13. Перегудов, В.Н. Планирование многофакторных полевых опытов с удобрениями и математическая обработка результатов/ В.Н.Перегудов. –М.: Колос, 1978.

### ***ПЛАН ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ***

№	Наименование основных вопросов	Часы	Формы контроля	Сроки
<i>Методы агрономических исследований</i>				
1.	Методика расчёта экономической и энергетической эффективности	5	Конспект, семинар	Семинарское занятие № 2.
2.	Матрица планирования полного факториального эксперимента (ПФЭ), поверхность отклика, реплики из ПФЭ. Использование математических методов при планировании оптимальной структуры эксперимента. Принципы построения моделей при изучении биологических объектов. Разработка моделей и их использование при планировании экспериментов в агрономических исследованиях. Планирование затрат на проведение экспериментов в агрономии.	5	Конспект, семинар	Семинарское занятие № 2.
3.	Разработка программы научных исследований	4	Защита программы на лабораторном занятии	Защита лабораторной работы № 3.
4.	Частные вопросы методики	6	Конспект,	Семинарское



	<p>полевого эксперимента:  Методика полевых опытов по защите почв от эрозии.  Особенности методики опытов в Госсортосети.  Методика полевых опытов по защите растений.  Методика проведения опытов с овощными и плодовыми культурами.  Особенности техники закладки и проведения опытов с лекарственными растениями.  Особенности методики проведения опытов на сенокосах и пастбищах.  Методика и техника постановки полевых опытов в условиях производства (опыты-пробы, точные сравнительные полевые опыты, демонстрационные опыты).</p>		семинар	занятие № 3.
<i>Применение статистических методов анализа в агрономических исследованиях</i>				
5.	Дисперсионный анализ данных двухфакторного полевого опыта	4	сдача контрольной	Семинарское занятие № 4.
6.	Оценка существенности разности между выборочными долями при качественной изменчивости	4	сдача контрольной	Семинарское занятие № 4.
7.	Планирование научного исследования на основе статистической модели ХИ-квадрат	4	сдача контрольной	Семинарское занятие № 4.
8.	Непараметрические методы (критерии) оценки существенности различий между 2-мя выборками в агрономических исследованиях	4	сдача контрольной	Семинарское занятие № 4.
9.	Ковариационный анализ	4	сдача контрольной	Семинарское занятие № 4.
10.	Пробит-анализ	4	сдача контрольной	Семинарское занятие № 4.
11.	Итого:	44		

## ***КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЭКЗАМЕН***

1. Краткая история опытного дела.
2. Структура и задачи научных учреждений.
3. Основные понятия и термины в агрономических исследованиях.
4. Понятие научного исследования и его этапы.
5. Уровни и виды научных исследований.
6. Общенаучные методы использования в агрономических исследованиях.
7. Классификация основных агрономических методов исследования.
8. Лабораторный и вегетационный методы исследования, их сущность и особенности проведения.
9. Лизиметрический и вегетационно-полевой методы исследования, их сущность и особенности проведения.
10. Полевой и экспедиционный методы исследования, их сущность и особенности проведения.
11. Основные требования, предъявляемые к полевому опыту: типичность и принцип единственного различия, воспроизводимость и снижение ошибок - повышение точности опыта.
12. Виды и характеристика агрономических опытов: агротехнический и по сортоиспытанию.
13. Классификация полевых опытов по длительности проведения, числу изучаемых факторов и по географическому охвату объектов исследования.
14. Характеристика опытов, проводимых в научно-исследовательских учреждениях и на производстве.
15. Особенности условий проведения полевого опыта: климат и погода, варьирование плодородия почвы.
16. Реконгносцировочный (разведывательный) посев, его цель и значение.
17. Выбор и подготовка земельного участка под опыт (рельеф, однородность почвенного покрова, история опытного участка).
18. Особенности систематического размещения вариантов в опыте.
19. Особенности размещения вариантов в опыте методом рендомизации.
20. Особенности стандартного размещения вариантов в опыте.
21. Основополагающие элементы методики полевого опыта: число вариантов, число контролей, площадь, форма и ориентация делянок.
22. Повторность, размещение повторений или блоков, делянок и вариантов.
23. Основные требования к схеме полевого опыта. Понятие о кривой отклика.
24. Выбор темы, определение цели, задач и объектов исследований. Изучение и анализ современного состояния изучаемого вопроса и постановка рабочей гипотезы. Обоснование актуальности, новизны и практической значимости вопроса.
25. Требования к основным работам на опытном участке.
26. Подготовка опыта к уборке и учету урожая. Методы учета урожая: сплошной, по пробным снопам, по пробным площадкам.
27. Документация по опыту: первичная и основная. Требования, предъявляемые к научному отчету.

28. Основные требования к наблюдениям и учета в опыте и общие принципы планирования.
29. Фенологические наблюдения и учет густоты стояния состояние посевов.
30. Учет высоты и облиственности растений.
31. Интенсивность нарастания растительной массы и чистой продуктивности фотосинтеза.
32. Визуальная оценка посевов, морозо- и зимостойкость озимых культур, кустарников и ягодников. Определение устойчивости посевов к полеганию.
33. Учет засоренности посевов: глазомерный, количественный, количественно-весовой.
34. Фитопатологические и энтомологические наблюдения и учеты на зерновых культурах.
35. Фитопатологические и энтомологические наблюдения и учеты на кормовых культурах.
36. Методика изучения корневой системы (метод монолитов, рамочные выемки и буровой метод).
37. Изучение физических свойств почвы. Понятие об изменчивости, совокупности и выборке. Распределение частот и его графическое изображение.
38. Статистические характеристики количественной и качественной изменчивости.
39. Дисперсионный анализ. Сущность и основы метода.
40. Значение корреляционного и регрессионного анализов в опытной работе.
41. Корреляционный анализ.
42. Регрессионный анализ.

## ***КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ***

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

1. Искусственное создание различных условий для исследуемых растений с целью выявления наиболее эффективных вариантов в процессе учетов и наблюдений:
  - а). Схема опыта.
  - б). Опыт.
  - в). Вариант.
2. Различные условия, при которых выращивают растения в опытах (отдельные агроприемы, элементы технологий, набор сортов):
  - а). Вариант.
  - б). Повторение.
  - в). Контроль.
3. Условия агротехники, рекомендованные научными учреждениями конкретной зоны для данного хозяйства в период постановки опыта:
  - а). Вариант.

- б). Контрольный вариант.
  - в). Стандарт.
4. Лучший сорт среди районированных и наиболее распространенных, с которым сравнивают остальные изучаемые сорта:
- а). Контроль.
  - б). Вариант.
  - в). Стандарт.
5. Перечень логично подобранных вариантов с определенными контролями (стандартами), объединенных конкретной темой, идеей:
- а). Схема опыта.
  - б). Эксперимент.
  - в). Повторность опыта.
6. Земельная площадь прямоугольной формы определенного размера, на которой изучают только один из вариантов опыта:
- а). Защита.
  - б). Вариант.
  - в). Опытная делянка.
7. Число делянок в каждом опыте с одинаковым содержанием вариантов, т.е. с одинаковыми агротехническими приемами или сортами растений:
- а). Повторность опыта.
  - б). Повторение.
  - в). Схема опыта.
8. Часть площади опыта с полным набором вариантов согласно схеме опыта:
- а). Эксперимент.
  - б). Повторность.
  - в). Повторение.
9. Изучение конкретного объекта, явления или предмета для раскрытия закономерностей его возникновения и развития:
- а). Наблюдение.
  - б). Научное исследование.
  - в). Опыт.
10. Форма мышления (объективная или ошибочная) когда утверждают или отрицают существование явления или процесса:
- а). Суждение.
  - б). Умозаключение.
  - в). Предположение.
11. Форма мышления, когда из одного или нескольких связанных между собой суждений выводят новые знания:
- а). Определение понятий.
  - б). Суждение.
  - в). Умозаключение.
12. Система обобщенных знаний, объясняющая определенные явления действительности:
- а). Теория.
  - б). Практика.

- в). Наблюдения.
- 13. Уровень исследований, на котором синтезируются новые знания, формулируются общие закономерности в определенной области:
  - а). Описательно-обобщающий.
  - б). Теоретический.
  - в). Эмпирический.
- 14. Уровень исследований, на котором ставят эксперименты, накапливают и анализируют факты и делают выводы:
  - а). Эмпирический.
  - б). Описательно-обобщающий.
  - в). Теоретический.
- 15. Уровень исследований, на котором описывают явления, которые происходят непосредственно в природе:
  - а). Теоретический.
  - б). Эмпирический.
  - в). Описательно-обобщающий.
- 16. Исследования, направленные на открытие и изучение новых явлений и законов природы, результатом которых является законченная система научных знаний:
  - а). Прикладные.
  - б). Фундаментальные.
- 17. Исследования в агрономии, направленные на изучение факторов жизни растений, взаимосвязей между растениями и средой, на создание перспективных сортов и гибридов, главной задачей которых является разработка эффективных приемов повышения урожайности сельскохозяйственных растений:
  - а). Фундаментальные.
  - б). Прикладные.
- 18. Упорядоченная деятельность, направленная на получение новых знаний:
  - а). Метод.
  - б). Эксперимент.
  - в). Наблюдение.
- 19. Научное предположение, истинное значение которого является неопределенным:
  - а). Теория.
  - б). Знание.
  - в). Гипотеза.
- 20. Метод познания, с помощью которого в искусственно созданных и контролируемых условиях изучают объекты и происходящие в них процессы:
  - а). Эксперимент.
  - б). Моделирование.
  - в). Наблюдение.

21. Целенаправленное сосредоточение внимания на явлениях, происходящих в природе или эксперименте и их количественная и качественная регистрация:
  - а). Опыт.
  - б). Наблюдение.
  - в). Эксперимент.
22. Метод исследований, с помощью которого исследуемый объект мысленно или физически расчленяют на составные части для детального изучения:
  - а). Абстрагирование.
  - б). Синтез.
  - в). Анализ.
23. Соединение расчлененных и проанализированных частей исследуемого объекта в единое целое с целью получения необходимых данных для выводов и обобщений:
  - а). Анализ.
  - б). Синтез.
  - в). Обобщение.
24. Метод исследования, с помощью которого суждения ведут от фактов к конкретным выводам:
  - а). Индукция.
  - б). Анализ.
  - в). Дедукция.
25. Метод исследования, который позволяет с помощью анализа общих положений и фактов делать частные одиночные выводы:
  - а). Обобщение.
  - б). Дедукция.
  - в). Индукция.

## **2. Классификация и характеристика основных методов в научной агрономии**

26. Исследование растений, выращиваемых в сосудах, в стеклянных домиках при строго контролируемых условиях внешней среды с целью изучения влияния отдельных факторов жизни растений, сущности процессов, которые происходят в растении, почве и в системе почва-растение:
  - а). Лабораторный метод.
  - б). Вегетационный метод.
  - в). Лизиметрический метод.
27. Исследование растений и свойств почвы в поле, в больших сосудах для изучения баланса влаги и элементов питания:
  - а). Лизиметрический метод.
  - б). Вегетационно-полевой метод.
  - в). Полевой метод.

28. Исследование растений непосредственно в поле в металлических цилиндрах, с целью изучения эффективности удобрений, плодородия генетических горизонтов:
- Лизиметрический метод.
  - Полевой метод.
  - Вегетационно-полевой метод.
29. Основной метод научной агрономии с помощью которого связывают теоретические и практические исследования с целью выявления достоверных различий между вариантами опытов, количественной оценки влияния факторов жизни на урожайность растений и качество продукции:
- Лабораторный метод.
  - Полевой метод.
  - Вегетационно-полевой метод.
30. Метод исследования, используемый для анализа растений и среды их обитания, оценки качества урожая, исследования физических, химических, микробиологических свойств почвы, являющийся неотъемлемой частью других специальных методов исследования:
- Лабораторный метод.
  - Вегетационный метод.
  - Полевой метод.

### **3. Классификация полевых опытов и особенности условий их проведения**

31. Мелкоделяночные опыты проводят на опытных делянках площадью:
- До  $10\text{м}^2$ .
  - До  $15\text{м}^2$ .
  - До  $20\text{м}^2$ .
32. Лабораторно-полевые опыты проводят на опытных делянках площадью:
- $5-10\text{м}^2$ .
  - $11-50\text{м}^2$ .
  - $51-70\text{м}^2$ .
33. Полевые опыты проводят на опытных делянках площадью:
- $< 10\text{м}^2$ .
  - $> 10\text{м}^2$ .
  - $> 50\text{м}^2$ .
34. В демонстрационных опытах площадь делянок составляет:
- $50-100\text{м}^2$ .
  - $100-200\text{м}^2$ .
  - $200-400\text{м}^2$ .
35. Для опытов по учету эффективности новых агроприемов в производстве выделяют контрольные полосы, общая площадь каждой из которых:
- До 3га.
  - До 5га.
  - До 10га.

36. Опыты, проводимые на протяжении 1-2-х лет, для выявления тех агроприемов или сортов растений, которые необходимо изучать в последующем:
  - а). Краткосрочные.
  - б). Разведывательные.
  - в). Многолетние.
37. Опыты, проводимые в течение 3-10 лет, используемые для написания дипломных и диссертационных работ:
  - а). Разведывательные.
  - б). Краткосрочные.
  - в). Многолетние.
38. Опыты, проводимые в течение 11-50 лет, в научно-исследовательских учреждениях или высших учебных заведениях на специально выделенных участках (стационарах):
  - а). Краткосрочные.
  - б). Длительные.
  - в). Многолетние.
39. Опыты, проводимые более 50 лет в отдельных институтах или почвенно-климатических зонах:
  - а). Многолетние.
  - б). Длительные.
  - в). Разведывательные.
40. Опыты, проводимые в различных почвенно-климатических зонах по единой методике, разработанной научно-координационным центром:
  - а). Географические.
  - б). Агротехнические.
  - в). Многофакторные.
41. Опыты, проводимые в различных географических зонах по методике, созданной отдельным исследователем:
  - а). Географические.
  - б). Единичные.
  - в). Однофакторные.
42. При проведении данных опытов изучают одновременно несколько факторов:
  - а). Однофакторные.
  - б). Многофакторные.
  - в). Массовые.
43. Опыты, дающие объективную оценку действия различных факторов жизни, условий, приемов возделывания или их сочетаний на урожай сельскохозяйственных культур и его качества:
  - а). По сортоиспытанию.
  - б). Агротехнические.
  - в). Массовые.
44. Опыты по изучению оценки сортов и гибридов сельскохозяйственных культур:



- а). Агротехнические.
  - б). Единичные.
  - в). По сортоиспытанию.
45. Заключительный этап селекционного процесса, после которого наиболее удачные сорта, гибриды, линии получают официальное признание:
- а). Станционное сортоиспытание.
  - б). Конкурсное сортоиспытание.
  - в). Государственное сортоиспытание.

#### 4. Размещение вариантов в полевом опыте

46. Чередование вариантов на опытных делянках в зависимости от задач и конкретных условий внешней среды:
- а). Опыт.
  - б). Метод размещения.
  - в). Вариант.
47. Метод размещения вариантов в последовательности, записанной в схеме опыта:
- а). Систематический.
  - б). Стандартный.
  - в). Случайный.
48. Метод, при котором возле каждого варианта (сорта) размещается контрольный (стандартный) вариант (сорт):
- а). Последовательный.
  - б). Случайный.
  - в). Стандартный.
49. Метод, в котором место вариантов определяют по таблице случайных чисел или жребию:
- а). Стандартный.
  - б). Рендомизированный.
  - в). Систематический.
50. Варианты в опыте размещены:

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

- а). Систематическим методом.
- б). Методом рендомизированного повторения.
- в). Методом латинского прямоугольника.

51. Варианты в опыте размещены:

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

- а). Систематически многоярусно
- б). Методом латинского квадрата
- в). Методом полной рендомизации

52. Варианты в опыте размещены:

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

- а). Методом рендомизированного повторения
- б). Последовательным методом
- в). Методом латинского прямоугольника

53. Варианты в опыте размещены:

I				II							
A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>		A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>					
B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>
A <sub>2</sub>				A <sub>1</sub>							
B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>
III						IV					

- а). Методом латинского прямоугольника.
- б). Стандартно.
- в). Методом расщепленных делянок.

54. Варианты в опыте размещены:

		A <sub>1</sub>					A <sub>2</sub>					
C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	
B		B <sub>1</sub>			B <sub>2</sub>		B		B <sub>2</sub>		B <sub>1</sub>	

- а). Методом расщепленных делянок
- б). Методом полной рендомизации
- в). Дактиль-метод

55. Варианты в опыте размещены:

ст	2	ст	3	ст	4	ст
----	---	----	---	----	---	----

ст	3	ст	4	ст	2	ст
----	---	----	---	----	---	----

ст	4	ст	2	ст	3	ст
----	---	----	---	----	---	----

- а). Ямб-методом.
- б). Парным методом.
- в). Многоярусно.

56. Варианты в опыте размещены:

ст	2	3	ст	4	5	ст	3	5	ст	2	4	ст	4	5	ст	3	2	ст
----	---	---	----	---	---	----	---	---	----	---	---	----	---	---	----	---	---	----

- а). Методом полной рендомизации
- б). Дактиль -методом
- в). Однорядно последовательно

57. Варианты в опыте размещены:

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

- а). Последовательно двурядно
- б). Методом латинского прямоугольника
- в). Ямб-методом

58. Варианты в опыте размещены:

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

- а). Методом рендомизированного повторения
- б). Систематически однорядно
- в). Стандартным методом

59. Варианты в опыте размещены:

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

- а). Методом латинского квадрата
- б). Случайным методом
- в). Систематически многоярусно

60. Варианты в опыте размещены:

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

- а). Методом полной рендомизации
- б). Систематически
- в). Многоярусно

## ПРИЛОЖЕНИЯ





***Показатели для расчета количественной изменчивости  
статистических характеристик вариационного ряда***

1. Число зерен в колосе яровой пшеницы, шт.
2. Длина колоса озимой ржи, см
3. Всхожесть семян яровой пшеницы, %
4. Высота многолетних трав перед повторным скашиванием на сено, см
5. Масса 1000 зерен овса, г
6. Масса 1000 зерен пшеницы, г
7. Высота растений озимой ржи, см
8. Вес одного клубня картофеля, г
9. Степень кущения пшеницы, шт.
10. Полевая всхожесть семян овса, %
11. Число сорняков на делянке, обработанной гербицидами, шт.
12. Количество клубней картофеля в одном гнезде, шт.
13. Диаметр кочана капусты, см
14. Число колосков в колосе яровой пшеницы, шт.
15. Число корнеплодов на 1 п.м., шт.



Данные о качественной изменчивости показателей выборки, взятой для анализа

Номер темы	Число наблюдений																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	30	30	23	36	27	33	35	38	32	18	25	22	40	30	22	25	22	40	30	26	32	37	26	36
2	4,5	8,5	7,5	8,5	7,5	6,0	9,0	8,5	5,5	8,5	8,0	6,5	8,0	8,5	6,5	7,5	5,0	8,5	8,0	8,5	8,5	8,5	7,0	9,0
3	96	96	94	96	94	92	93	94	90	91	88	90	95	93	90	96	96	80	85	92	90	94	92	96
4	75	70	68	70	79	80	88	85	90	76	90	85	76	74	78	70	76	73	79	65	68	70	78	80
5	30	33	35	30	34	28	30	36	35	32	36	32	34	29	30	30	34	36	36	29	35	30	34	32
6	33	37	37	38	38	31	35	34	36	37	30	33	33	37	37	31	34	36	38	39	34	34	35	38
7	84	121	129	99	104	88	120	112	112	122	92	107	150	94	96	99	110	119	95	128	107	135	121	144
8	70	75	44	70	79	109	78	55	38	112	150	82	84	29	20	59	101	97	79	64	160	76	55	87
9	3	4	6	5	2	1	2	4	3	1	1	4	4	3	2	2	6	3	2	2	4	6	3	5
10	80	76	78	85	88	92	80	85	85	72	68	70	75	65	70	78	90	84	80	75	70	72	68	79
11	18	3	20	11	11	8	14	2	5	7	16	9	18	14	5	3	15	6	7	8	11	17	20	13
12	3	4	8	3	5	5	8	9	1	2	8	6	4	10	6	1	7	4	11	7	8	8	10	1
13	35	35	51	31	48	49	48	34	58	50	48	35	30	40	39	40	49	61	59	42	65	31	32	51
14	23	13	28	26	22	24	17	24	25	20	28	22	28	28	27	16	18	24	22	30	23	35	30	22
15	50	45	24	20	28	36	31	40	45	48	40	50	29	28	35	29	40	38	31	36	38	32	39	36

Продолжение приложения 2.1

Номер темы	Число наблюдений																							
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
1	36	37	22	36	30	25	32	30	30	20	32	30	30	42	32	30	25	27	27	25	32	30	32	
2	6,5	9,5	8,5	8,5	11,0	8,0	7,7	5,5	6,6	8,0	7,0	8,0	9,0	8,5	7,0	9,0	6,0	7,5	7,5	9,5	10,5	10,5	9,0	
3	88	86	90	94	95	91	96	93	90	95	94	96	90	88	90	95	92	90	90	94	90	90	88	
4	77	68	70	72	80	86	80	92	74	80	90	76	82	72	84	70	74	75	76	65	60	70	75	
5	32	34	30	33	28	32	36	30	30	35	34	32	28	32	30	35	30	32	36	32	30	30	34	
6	32	35	37	39	36	31	37	34	35	37	31	33	33	36	34	34	35	34	34	36	32	35	32	
7	115	122	90	129	116	114	96	105	104	111	120	90	132	120	90	131	110	118	107	108	126	130	110	
8	66	82	57	48	112	81	74	79	124	100	65	76	94	75	71	50	85	101	34	69	110	78	80	
9	2	3	6	4	3	2	2	3	1	4	4	5	3	2	2	6	2	3	5	4	4	5	6	
10	60	66	72	75	78	72	80	81	65	69	68	65	70	70	65	72	62	90	84	65	60	64	76	
11	2	11	4	11	12	21	16	15	18	9	1	1	8	18	16	10	1	11	11	14	12	3	10	
12	6	8	8	10	3	9	8	10	7	6	5	9	3	10	8	4	6	4	9	7	4	9	9	
13	38	39	63	40	41	48	35	51	53	36	30	50	50	39	38	49	34	53	51	50	32	57	48	
14	33	21	26	27	29	35	28	32	22	24	31	14	26	30	18	30	16	20	20	12	22	14	15	
15	39	31	32	37	28	40	34	31	48	41	46	46	33	31	34	29	35	38	40	37	40	35	50	



***Показатели для расчета урожайности по вариантам и повторностям для обработки методом дисперсионного анализа***

1. Урожайность суданской травы в зависимости от сроков посева.
2. Урожайность суданской травы в зависимости от нормы высева.
3. Влияние сроков посева на урожайность зеленой массы рапса.
4. Влияние сроков посева на урожайность гречихи.
5. Урожайность зеленой массы овса в зависимости от сроков сева.
6. Урожайность семян различных сортов овса.
7. Урожайность озимой пшеницы.
8. Урожайность редьки масличной в зависимости от сроков сева.
9. Влияние предпосевного воздействия магнитным полем на урожай сои.
10. Урожай семян льна-долгунца в зависимости от норм высева.
11. Влияние сроков посева на урожай соломки льна-долгунца.
12. Урожайность смородины сорта Ядреная.
13. Урожайность смородины сорта Сокровище.
14. Урожайность различных сортов земляники садовой.
15. Приживаемость крыжовника сорта Радужный.
16. Урожайность надземной массы эхинацеи пурпурной 3 года жизни.
17. Влияние глубины заделки семян на рост, развитие и продуктивность надземной массы эхинацеи пурпурной второго года жизни.
18. Влияние глубины заделки семян на рост, развитие и продуктивность корней и корневищ эхинацеи пурпурной второго года жизни.
19. Урожайность корней и корневищ эхинацеи пурпурной 3 года жизни.
20. Эффективность применения химических препаратов против сорняков на посевах яровой пшеницы
21. Сортоизучение овса посевного в условиях низкогорий Алтая.
22. Влияние нормы высева на продуктивность редьки масличной в низкогорьях Алтая.
23. Сортоизучение мягкой яровой пшеницы в условиях низкогорий Алтая.
24. Сортоизучение льна-долгунца в низкогорьях Алтая.
25. Эффективность применения баковых смесей против фитофтороза на картофеле сорта Луговской.
26. Эффективность применения баковых смесей против каларадского жука на картофеле в низкогорьях Алтая.
27. Семенная продуктивность льна-долгунца в низкогорьях Алтая.
28. Сортоиспытание овса посевного в условиях низкогорий Алтая.
29. Хозяйственно-биологическая оценка сортов и гибридов чёрной смородины.
30. Особенности роста и развития суданки в Уймонской долине.

*Данные об урожайности по вариантам и повторностям для обработки методом дисперсионного анализа, ц/га*

Вариант	Повторность	Номер темы														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	I	278	132	402	18,3	33,7	9,2	47,8	75,8	15,5	12,4	39,7	54,0	60,0	89,9	10
	II	275	130	402	18,7	32,5	8,4	46,9	74,9	16,1	13,1	40,5	50,0	58,0	76,6	12
	III	290	131	400	18,2	33,0	9,8	45,4	74,3	15,8	11,7	38,9	56,6	63,3	62,2	14
2	I	220	270	398	20,7	26,1	12,4	53,7	71,8	16,6	10,3	41,0	69,0	58,0	88,8	12
	II	232	271	393	20,2	27,0	11,2	50,3	71,5	17,0	11,0	42,4	75,0	65,0	76,6	12
	III	229	271	395	20,4	27,0	12,0	50,6	71,0	16,8	11,7	39,6	70,0	55,0	68,8	10
3	I	165	215	284	23,2	17,0	7,4	46,7	67,4	17,0	10,2	36,2	78,3	66,0	56,7	11
	II	163	217	270	24,0	18,5	8,4	42,0	68,2	17,4	9,2	37,0	80,0	68,2	57,6	15
	III	167	215	280	24,5	17,1	8,0	43,4	68,2	17,8	9,7	35,4	75,0	71,0	46,6	10

Вариант	Повторность	Номер темы														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	I	73	28	21	48	8,5	32,7	22,4	18,5	38,8	199	121	3,4	16,8	57	32
	II	75	19	26	50	7,4	34,2	21,5	17,0	33,4	195	116	3,0	17,0	44	35
	III	76	37	17	46	9,2	32,4	21,7	18,0	33,9	197	118	3,2	18,6	48	30
2	I	75	43	32	70	18,2	46,2	24,3	20,9	35,4	232	147	2,8	22,0	30	27
	II	73	46	29	72	17,9	45,4	25,0	22,1	35,1	229	149	2,9	21,8	29	23
	III	71	42	39	71	18,6	44,9	24,6	20,6	34,8	231	145	2,7	23,1	25	20
3	I	78	26	31	66	17,6	33,7	23,0	18,2	38,0	210	178	2,9	19,8	37	18
	II	70	23	27	74	17,5	32,5	22,8	17,8	38,3	207	183	3,1	17,6	39	21
	III	75	19	35	68	17,4	31,9	22,9	17,6	37,7	209	181	3,3	20,0	34	19
4	I	80	17	21	35	22,9	33,2	21,1	19,5	39,6	255	189	2,3	15,4	39	30
	II	78	18	20	38	22,7	33,5	21,6	20,0	39,8	250	186	2,7	16,0	36	33
	III	76	25	15ë	42	21,2	33,8	21,4	19,1	40,0	253	191	2,5	15,6	43	27

## Значение критерия Фишера на 5% уровне значимости

Степень свободы для меньшей дисперсии	Степень свободы для большей дисперсии (числитель)													
	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	245	253
2	18,51	19,90	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	80,81	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	3,7	3,71
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	4,73	3,68	3,63	3,57	3,41	3,3	3,28
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	344	3,39	3,34	3,28	3,12	3,0	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	2,8	2,76
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,03	2,97	2,91	2,74	2,6	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	2,5	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	2,4	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	2,3	2,26
14	4,60	3,14	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,70	2,65	2,60	2,53	2,35	2,2	2,19
15	4,54	3,67	3,29	3,06	2,93	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	2,90	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,24	2,1	2,07
17	4,45	3,59	2,20	2,96	2,85	2,69	2,62	2,55	2,50	2,45	2,38	2,19	2,08	2,02
18	4,41	3,55	3,18	2,93	2,81	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	2,77	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	2,74	2,60	2,52	2,45	2,40	2,35	2,28	2,08	1,90	1,90
21	4,32	3,47	1,07	2,84	2,71	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	2,68	2,55	2,47	2,40	2,35	2,30	2,23	2,03	1,93	1,84
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,66	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	2,64	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	2,62	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	2,60	2,47	2,39	2,32	2,25	2,22	2,15	1,95	1,82	1,76
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,59	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	2,56	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	2,53	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	2,45	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	2,40	2,19	2,10	2,03	1,97	1,92	1,85	1,63	1,48	1,39

Значение критерия Фишера на 1% уровне значимости

Степень свободы для меньшей дисперсии	Степень свободы для большей дисперсии (числитель)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	50	100
1	4042	4999	5403	5625	5764	5889	5928	5981	6022	6056	6106	6234	6302	6334
2	98,49	99,01	99,17	99,25	99,30	99,33	99,34	99,36	99,38	99,40	99,42	99,46	99,48	99,49
3	34,12	30,81	29,46	28,71	28,24	27,91	27,67	27,49	27,34	27,23	27,05	26,60	26,35	26,23
4	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,98	14,80	14,66	14,54	14,37	13,93	13,69	13,57
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,45	10,27	10,15	10,05	9,89	9,47	9,24	9,13
6	13,74	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98	7,87	7,72	7,31	7,07	6,99
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	7,00	6,84	6,71	6,62	6,47	6,06	5,85	5,75
8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,32	6,37	6,19	6,03	5,91	5,82	5,67	5,28	5,06	4,96
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,62	5,47	5,35	5,26	5,11	4,73	4,51	4,41
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,21	5,06	4,95	4,85	4,71	4,33	4,12	4,01
11	9,85	7,20	5,22	5,67	5,32	5,07	4,88	4,74	4,63	4,54	4,40	4,02	3,80	3,70
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,65	4,50	4,39	4,30	4,16	3,78	3,56	3,46
13	9,07	6,70	5,74	5,20	4,89	4,62	4,44	4,30	4,19	4,10	3,96	3,59	3,37	3,27
14	8,86	6,51	5,56	5,03	4,69	4,46	4,28	4,14	4,03	3,94	3,80	3,43	3,21	3,11
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89	3,80	3,67	3,29	3,07	2,97
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	3,89	3,78	3,69	3,61	3,54	3,18	2,96	2,86
17	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,93	3,79	3,68	3,59	3,45	3,08	2,86	2,76
18	8,28	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,85	3,71	3,60	3,51	3,37	3,00	2,78	2,68
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,77	3,68	3,52	3,43	3,30	2,92	2,70	2,63
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,71	3,56	3,45	3,37	3,23	2,86	2,63	2,53
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,65	3,51	3,40	3,31	3,17	2,80	2,58	2,47
22	7,94	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,59	3,45	3,35	3,26	3,12	2,75	2,53	2,42
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,54	3,41	3,30	3,21	3,07	2,70	2,48	2,37
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,50	3,36	3,25	3,17	3,03	2,66	2,44	2,33
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,86	3,63	3,46	3,32	3,21	3,13	2,99	2,62	2,40	2,29
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,17	3,09	2,96	2,58	2,36	2,25
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,76	3,53	3,36	3,23	3,11	3,03	2,90	2,52	2,30	2,18
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,06	2,98	2,84	2,47	2,24	2,13
40	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,88	2,80	2,66	2,29	2,05	1,94
50	7,17	5,06	4,20	3,72	3,41	3,18	3,02	2,88	2,78	2,70	2,56	2,18	1,94	1,81
100	6,90	4,32	3,98	3,51	3,20	2,99	2,82	2,69	2,59	2,51	2,36	1,98	1,73	1,59

**Значение критерия  $t$  на 5; 1 и 0,1% уровне вероятности  
(Критерий Стьюдента)**

Число степеней свободы	Уровень значимости			Число степеней свободы	Уровень значимости		
	0,05	0,01	0,001		0,05	0,01	0,001
1	12,71	63,66	-	17	2,11	2,90	3,97
2	4,30	9,93	31,60	18	2,10	2,88	3,92
3	3,18	5,84	12,94	19	2,09	2,86	3,88
4	2,78	4,60	8,61	20	2,09	2,85	3,85
5	2,57	4,03	6,86	21	2,08	2,83	3,82
6	2,45	3,71	5,96	22	2,07	2,82	3,79
7	2,37	3,50	5,41	23	2,07	2,81	3,77
8	2,31	3,36	5,04	24	2,06	2,80	3,75
9	2,26	3,25	4,78	25	2,06	2,79	3,73
10	2,23	3,17	4,59	26	2,06	2,78	3,71
11	2,20	3,11	4,44	27	2,05	2,77	3,69
12	2,18	3,06	4,32	28	2,05	2,76	3,67
13	2,16	3,01	4,22	29	2,05	2,76	3,66
14	2,15	2,98	4,14	30	2,04	2,75	3,65
15	2,13	2,95	4,07	50	2,01	2,68	3,50
16	2,12	2,92	4,02	100	1,98	2,63	3,39



