



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра «Агрономия и механизация сельского хозяйства»

**Л.Ю.Костоева, А.Ю.Леймиева., Дзауров А.А.**

**ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АГРОНОМИИ**

**Практикум**

для бакалавров по направлениям подготовки  
35.03.04 Агрономия  
35.03.07 Технология производства и  
переработки сельскохозяйственной продукции





**УДК 631.001.891**

**Составители:**

Костоева Л.Ю. – канд. с-х. наук, доцент кафедры агрономии и механизации сельского хозяйства ФГБОУ ВО ИнГГУ,

Леймоева А. Ю. – канд. биол. наук, доцент кафедры агрономии и механизации сельского хозяйства ФГБОУ ВО ИнГГУ,

Дзауров Амиран Адамович – ассистент кафедры агрономии и механизации сельского хозяйства ФГБОУ ВО ИнГГУ.

**Рецензенты:**

Базгиев М.А.- кандидат с-х. наук, директор ФГБНУ «Инг.НИИСХ»;

Бадургова К.Ш.- кандидат с-х. наук, зам. директора по научно-исследовательской работе ФГБНУ «Инг.НИИСХ»

**Основы научных исследований в агрономии: практикум**

(Костоева Л.Ю., Леймоева А.Ю., Дзауров А.А. – Магас: ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет», 2025.

Практикум составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и содержит материалы для выполнения практических работ и подготовки к семинарским занятиям. В каждой работе с целью подготовки к занятиям и правильного решения предлагаемых заданий в краткой форме излагается теоретическая часть и даны вопросы для самоконтроля знаний. Для самостоятельного выполнения работ каждому обучающемуся предлагаются индивидуальные задания.

Предназначен для бакалавров по направлениям подготовки:

35.03.04 Агрономия

35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции

Одобрено и рекомендовано к изданию кафедрой агрономии и механизации сельского хозяйства (протокол № 6 от 20 февраля 2025 г.).

Учебно-методической комиссией агрономического факультета (протокол № 2 от 24 февраля 2025 г.),

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	5
ВОПРОСЫ К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	6
Занятие 1. Статистические характеристики количественной изменчивости. Методы вычисления сумм квадратов отклонений. ....	10
Занятие 2. Группировка и статистическая обработка данных при количественной изменчивости.....	20
Занятие 3. Определение характера территориального варьирования плодородия почв земельных участков.....	25
Занятие 4. Методы размещения вариантов в полевом опыте.....	27
Занятие 5. Планирование схемы полевого опыта.....	30
Занятие 6. Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта.....	33
Занятие 7. Корреляционно-регрессионный анализ.....	39
Занятие 8. Определение характера наследования.....	48
ГЛОССАРИЙ.....	50
ИТОГОВЫЙ ТЕСТ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ.....	56
ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ (ЭКЗАМЕНУ).....	74
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	76
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	77

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Интенсификация сельскохозяйственного производства предусматривает внедрение научных достижений и рекомендаций в практику. Агрономическая опытная работа должна проводиться не только в научно-исследовательских учреждениях, но и непосредственно в условиях сельскохозяйственного производства агрономами предприятий не зависимо от формы собственности.

Практикум базируется на учебниках Б. А. Доспехова

«Методика полевого опыта» (2014) и В. Ф. Моисейченко, А. Х. Заверюхи, М. Ф. Трифонова «Основы научных исследований в агрономии» (1996).

Предлагаемый практикум составлен в соответствии с программой дисциплины «Основы научных исследований в агрономии» для сельскохозяйственных вузов и охватывает основные разделы дисциплины.

Практикум включает девять работ, каждая из которых состоит из основных теоретических положений, изучение которых расширяет знание предмета и дает возможность приобрести практические навыки в проведении соответствующих расчетов по темам занятий; порядка выполнения заданий, формы записей, расчетов, обработки и анализа полученных результатов.

Такое изложение материала позволяет использовать данное пособие для различных форм обучения.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *Основная литература*

1. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2013.- 223 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/element.php>
2. Мусина, О.Н. Основы научных исследований: учебное пособие / О.Н. Мусина. - М.; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 150 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) [Текст] : учебник/ Б. А. Доспехов. - 5-е изд., перераб. и доп., Стер. изд. - М. : Альянс, 2014. - 351 с.

### *Дополнительная литература*

4. Ковриков И. Т. Основы научных исследований и УНИРС [Текст]: учебник: доп. глав. управ. вузов М-ва с.-х. РФ / И. Т. Ковриков. - 3-е изд. - Оренбург: Пресса, 2011. – 211 с.
5. Основы научных исследований в агрономии [Текст]: учебное пособие / В. Ф. Моисейченко, М. Ф. Трифонова, А. Х. Заверюха. - Москва: Колос, 1996. - 336 с.
6. Кирюшин Б.Д. Основы научных исследований в агрономии [Текст]: учебник /Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И.П. Васильев.- СПб: Квадро, 2013. – 400 с.

## **ВОПРОСЫ К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

### **Семинарское занятие № 1**

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

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. Классификация основных агрономических методов исследования.
7. Лабораторный и вегетационный методы исследования, их сущность и особенности проведения.
8. Лизиметрический и вегетационно-полевой методы исследования, их сущность и особенности проведения.
9. Полевой и экспедиционный методы исследования, их сущность и особенности проведения.
10. Основные требования, предъявляемые к полевому опыту: типичность и принцип единственного различия; учет урожая и достоверность опыта по существу.
11. Классификация агрономических опытов: агротехнические и по сортоиспытанию.
12. Классификация полевых опытов по длительности проведения, числу изучаемых факторов и по географическому охвату объектов исследования. Характеристика опытов, проводимых в научно-исследовательских учреждениях и на производстве.
13. Особенности условий проведения полевого опыта: метеорологические условия и почвенное плодородие.
14. Рекогносцировочный (разведывательный) посев. Закономерности территориальной изменчивости плодородия почвы опытных участков.
15. Выбор и подготовка земельного участка под опыт (рельеф, однородность почвенного покрова, история опытного участка).
16. Особенности систематического размещения вариантов в опыте.
17. Особенности размещения вариантов в опыте методом рендомизации.
18. Особенности стандартного размещения вариантов в опыте.

## **Семинарское занятие № 2**

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

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.



## **Семинарское занятие № 3**

### **Частные вопросы методики полевого опыта**

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 Госсортоучастков.
6. Методика и техника постановки полевых опытов в условиях производства
7. (опыты-пробы, точные сравнительные полевые опыты, демонстрационные опыты).

## **Семинарское занятие № 4**

### **Математическая обработка результатов полевых опытов**

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.

# Занятие 1

## Статистические характеристики количественной изменчивости. Методы вычисления сумм квадратов отклонений

### Цель занятия:

Познакомиться с основными понятиями, терминами и символами, применяемыми в научной агрономии. Изучить статистические характеристики количественной и качественной изменчивости.

### Задание:

1. Изучить основные понятия, применяемые в агрономических исследованиях.
2. Изучить статистические характеристики количественной и качественной изменчивости.
3. Выполнить индивидуальное задание по теме занятия.

### Вводные пояснения

В результате опытной работы агроном-исследователь получает большое количество данных, без систематизации и всестороннего анализа которых не удастся извлечь заключенную в них информацию.

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

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

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

### Условия применения биометода:

- качественная однородность материала - высота растений, число листьев, число деревьев и др. Если анализ проводится при нарушении однородности, например, сравниваем высоту растений с массой семян, то никакая математическая обработка не подтвердит сделанного вывода;

- наличие достаточного числа хорошо проведенных, доброкачественных наблюдений. Высоту растений на площади 1 га можно определить по одному растению, по двум, десяти и т.д. Совершенно очевидно, что самую точную высоту растений можно определить, измерив все растения, что практически невозможно. В таких случаях прибегают к изучению части совокупности, величина которой строго определена. Следовательно, вся группа объектов, подлежащая изучению, называется **совокупностью**

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

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

Все биологические признаки изменяются в определенных пределах, в массе однородных особей всегда имеются индивидуальные различия в величине, окраске и других свойствах растений. Это явление называется **варьированием** или **изменчивостью** - свойством, характерным для всего живого. В зависимости от характера исследуемого признака различают два типа варьирования изменчивости: **количественная** - которая может быть измерена, и **качественная, или атрибутивная** - которая не поддается измерению.

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

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

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

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

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

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

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

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

18	19	16	17
20	18	19	19
19	17	18	17
17	18	18	15
16	17	17	17
18	17	18	15
17	18	20	17
15	17	19	16
16	15	16	17
17	18	18	18

Число членов ряда – 40  
Изменчивость – прерывистая  
Вариации от 15 до 20  
Каждая цифра - варианта

Составляем таблицу прерывного варьирования, в которую записываем значение вариантов и методом «штрихов» или «конвертиков» отмечаем число колосков, имеющих одинаковую варианту.

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

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

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

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

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

Из математической статистики известно, что вариационные ряды дают наглядное представление о том, как варьирует тот или иной количественный признак. Но этого недостаточно для точной характеристики статистической совокупности, поскольку

содержат много деталей, охватить которые без применения сводных или обобщающих количественных показателей весьма трудно. Количественные показатели, которые логически и теоретически обоснованы и позволяют судить о качественном своеобразии варьирующих объектов и сравнивать их между собой, называются статистическими характеристиками, наиболее важными из которых являются средние величины и показатели вариации признаков.

В отличие от индивидуальных числовых характеристик, средние величины обладают большей устойчивостью, способностью характеризовать группу однородных единиц одним (средним) числом. И хотя средние абстрагируют нас от конкретных вещей, они вполне понятны и ощутимы. Средняя высота, средняя масса, средняя урожайность - все эти понятия абстрактные о конкретных веществах. Значение средних заключается в их свойстве аккумулировать или уравнивать все индивидуальные отклонения, в результате чего проявляется то, наиболее устойчивое и типичное, что характеризует качественное своеобразие группового объекта, позволяет отличать его от других варьирующих объектов.

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

Из средних величин наиболее часто используется **средняя арифметическая**  $\bar{x}$  - одна из основных характеристик

вариационного ряда, являющаяся центром распределения, вокруг которого группируются все варианты статистической совокупности. Если сумму вариантов ( $x_1 + x_2 + x_3 + x_4$ ) обозначить через  $\sum X$ , а число всех вариантов через  $n$ , то формула для определения простой средней арифметической примет следующий вид:

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

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

$$\sum (X - \bar{x}) = (X_1 - \bar{x}) + (X_2 - \bar{x}) + (X_n - \bar{x}) = 0.$$

Если  $\sum (X - \bar{x}) \neq 0$ , значит, допущена ошибка в вычислениях.

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

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

$$R = X_{max} - X_{min}$$

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

Размах вариации - конкретный и простой показатель вариации, но он способен сильно меняться при повторных выборках из одной и той же генеральной совокупности, т.е. он не является характерным показателем варьирования. Более полно вариационный ряд характеризует средний квадрат отклонений вариант данной совокупности от их величины -

показатель называемый дисперсией (от лат. dispersion - рассеяние) которую определяют по формуле

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

где:  $\sum$  - знак суммирования отклонений варианта  $X$  от их средней  $\bar{x}$ ;  $n$  - общее число наблюдений или объем выборки.

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

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

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

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

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

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

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

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

Для характеристики степени выравненности материала иногда целесообразно использовать величину, дополняющую значение коэффициента вариации до 100.

Этот показатель называют **коэффициентом выравненности** и определяют по равенству

$$B = 100 - V.$$

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

**Ошибка выборочной средней** прямо пропорциональна выборочному стандартному

отклонению  $S$  и обратно пропорциональна корню квадратному из числа измерений  $n$ , т.е.

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

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

$$\bar{x} \pm S \bar{x}.$$

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

$$S \bar{x} \% = \frac{S \bar{x}}{\bar{x}} \cdot 100$$

**Чем меньше относительная ошибка**, тем выше точность средней арифметической. Точность принято считать высокой при  $S \bar{x} \% \leq 3\%$ , средней - при  $S \bar{x} \% = 3-6\%$  и низкой - при  $S \bar{x} \% = 6-7\%$ . Если значения относительных ошибок полевых опытов выражаются десятymi и сотыми долями процентов, то следует говорить, либо о погрешности в расчетах либо о недобросовестности исследования.

Формулы для вычисления статистических характеристик выборки при количественной изменчивости признака представлены в таблице 1.1: где:  $X$  - обозначение отдельных значений признака в выборках:

Таблица 1.1 Формулы для вычисления статистических характеристик выборки при количественной изменчивости

Показатель	Формула
Средняя арифметическая	$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}$
Дисперсия	$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n - 1}$
Стандартное отклонение	$S = \sqrt{S^2}$
Коэффициент вариации	$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100$
Ошибка средней	$S \bar{x} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{S^2}{n}$
Относительная ошибка средней	$S \bar{x} \% = \frac{S \bar{x}}{\bar{x}} \cdot 100$
Достоверный интервал для среднего значения	$\bar{x} \pm t_s \bar{x}$
Степень свободы	$n - 1$

**Алгоритм выполнения работы:**

В поле севооборота выращивали картофель. Перед его уборкой взяли шесть проб клубней. Место взятия проб в поле установили по жребию. В каждом месте выкопали по пять кустов подряд в одном ряду. Товарные клубни взвесили и подсчитали среднюю массу товарных клубней с одного куста. Масса товарных клубней картофеля составила (кг): 5,2; 6,0; 10,0; 9,5; 8,7; 5,0.

1. Подсчитаем среднюю арифметическую и сумму квадратов отклонений

Таблица 1.2

Отклонения и квадраты отклонений

X	$X - \bar{x}$	$(X - \bar{x})^2$
5,2	-2,2	4,84
6,0	-1,4	1,96
10,0	2,6	6,76
9,5	2,1	4,41
8,7	1,3	1,69
5,0	-2,4	5,76
$\sum X = 44,4$	$\sum X - \bar{x} = 0$	$\sum (X - \bar{x})^2 = 25,42$

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n} = \frac{44,4}{6} = 7,4$$

числам статистические характеристики и укажем именование каждой

Показатель	Формула
Дисперсия	$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{25,42}{6 - 1} = 5,08$
Стандартное отклонение	$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{5,08} = 2,25$
Коэффициент вариации	$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{2,25}{7,4} \cdot 100 = 30,4$
Ошибка средней	$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{2,25}{\sqrt{6}} = \sqrt{\frac{5,08}{6}} = 0,92$
Относительная ошибка средней	$S_{\bar{x}} \% = \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{0,92}{7,4} \cdot 100 = 12,4$
Достоверный интервал для среднего значения	$\bar{x} \pm t_{\alpha} S_{\bar{x}} = 7,4 \pm 2,57 \cdot 0,92 = 7,4 \pm 2,36$
Степень свободы	$n - 1 = 6 - 1 = 5$

**Выводы:**

1. Средняя арифметическая масса клубней картофеля с куста 7,4 кг
2. Коэффициент вариации (V) 30,4 свидетельствует о значительной вариации данного показателя
3. Значение относительной ошибки 12,4 % указывает на то, что средняя арифметическая вычислена с низкой точностью.

**Вопросы для самопроверки знаний:**

1. Виды изменчивости?
2. Статистические характеристики количественной изменчивости?
3. Способ определения сумм квадратов отклонений?
4. Что такое вариационный ряд, варианта, частота, вариация, объем выборки?



## Занятие 2

### Группировка и статистическая обработка данных при количественной изменчивости

#### Цель занятия:

Научиться группировать данные вариационного ряда

#### Задание:

1. Определить статистические показатели вариационного ряда (Приложение 1)
2. Изобразить вариационный ряд графически в виде гистограммы или графика
3. Сделать выводы на основании полученных данных.

#### Вводные пояснения

Наблюдения над биологическими объектами проводятся одновременно по нескольким признакам, что позволяет собрать наиболее полные сведения о влиянии факторов на рост и развитие растительных организмов. Обширный цифровой материал нуждается в обработке, которая начинается с упорядочения собранных данных (соблюдая правило качественной однородности материала), систематизации выраженных цифрами фактов, с тем, что бы извлечь заключенную в них информацию. Процесс систематизации или упорядочения первичных биометрических данных в целях извлечения заключенной в них информации, обнаружения закономерности, которой следует изучаемое явление или процесс, называется группировкой.

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

#### Алгоритм выполнения работы:

Рассмотрим порядок группировки на конкретном примере. Взяли 50 колосьев яровой пшеницы Амурская 1495, измерили их длину (в см): 5,8; 7,3; 10,1; 5,6; 7,2; 6,9; 7,2; 5,5; 9,6; 4,2; 6,7; 6,7; 6,8; 7,1; 7,4; 7,2; 7,3; 6,0; 5,6; 7,8; 10,5; 8,5; 4,9; 4,8; 7,5; 6,8; 5,2; 8,1; 8,8; 8,9; 8,5; 9,2; 7,7; 6,8; 9,7; 9,1; 5,5; 4,9; 8,1; 8,5; 6,4; 6,9; 6,5; 6,1; 6,9; 7,5; 7,8; 9,2; 7,5; 4,4.

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

1. Определяем число групп по формуле  $k = \sqrt{n} = \sqrt{50} = 7$

Как правило, при  $n=40-60$  берут 6-8 групп;  $n=60-100$  берут 7-10 групп;  $n>100$  берут 8-15 групп.

2. Вычисляют интервалы групп по формуле:
3. Выделяют группы согласно интервалу группы  $i$ , вычисляют среднее значение групп и другие показатели вариационного ряда, записывая результаты в таблицу.

Таблица 2.1. Рабочая таблица для обработки вариационного ряда

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

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

Для определения верхней границы группы к значению нижней границы прибавляется величина классового интервала

-  $i$ , уменьшенная на единицу в соразмерности (если числа вариационного ряда целые – то 1, с десятичными долями – 0,1, с сотыми – 0,01 и т.д.)

$$i = \frac{X_{max} - X_{min}}{(1 + 3.32) \log n}$$

где  $X_{max}$  – максимальное значение варианты;  $X_{min}$  – минимальное значение варианты;  $\log n$  – десятичный логарифм общего числа вариант данной совокупности.

$$i = \frac{10.5 - 4.2}{(1 + 3.32) \log 50} = 0.9$$

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

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

Все значения вариационного ряда больше верхней границы последней группы относят к последней группе

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

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

Дальнейшие расчеты ведут по формуле:

– произвольный момент первой степени

$$b = \sum f(X-A)/n = -7,2/50 = -0,1$$

– средняя арифметическая

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

– корректирующий фактор

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

При определении дисперсии необходимо вводить поправку на произвольную величину А, вычитывая из суммы произведения частот на квадрат отклонений – величину корректирующего фактора С:

$$S^2 = \frac{\sum f(X-A)^2 - C}{n-1} = \frac{113,4 - 1,04}{49} = 2,29,$$

– стандартное отклонение

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{2,29} = 1,51 \text{ см}$$

– коэффициент вариации

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

– ошибка выборочной средней

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{1,51}{\sqrt{50}} = 0,213 \text{ см}$$

относительная ошибка среднего арифметического

$$S_{\%} = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 = \frac{213}{7,2} \times 100 = 2,95\%$$

Для наглядного выражения закономерности варьирования того или иного количественного признака вариационные ряды изображают в виде геометрических фигур в системе прямоугольных координат, строят графики и гистограммы.

**Выводы:**

1. Средняя арифметическая длины колоса 7,2 см.
2. Коэффициент вариации (V) 20,9 свидетельствует о значительной вариации длины колоса.
3. Значение относительной ошибки 2,95 % указывает на то, что средняя арифметическая вычислена с удовлетворительной точностью.
4. На графике кривая вариационного ряда имеет одну вершину, что свидетельствует об однородности выборки.

**Вопросы для самоконтроля знаний:**

1. Виды изменчивости. Порядок группировки.
2. Планирование объема выборки при количественной изменчивости.

### Занятие 3

## Определение характера территориального варьирования плодородия почв земельных участков

**Цель:** Научиться определять характер территориального варьирования плодородия почвы

**Задачи:**

1. Определить степень варьирования плодородия почвы на опытном участке (Приложение 2).
2. Определить вид варьирования плодородия почвы на опытном участке.

**Вводные пояснения:**

Структура полевого эксперимента, его основные элементы (повторность опыта, размещение вариантов, повторений, ориентация делянок на местности) в значительной степени определяется закономерностями территориального варьирования почвенного плодородия. На любом земельном участке территориальная изменчивость почвенного плодородия проявляется в виде случайного и закономерного (систематического) варьирования. Особенности в изменчивости плодородия почвы земельных участков, на которых планируется закладка опытов, лучше всего изучить на основании *рекогносцировочных (разведывательных)* посевов с последующим *дробным учетом* урожая одинаковыми делянками. Результаты дробного учета используются для определения степени и вида вариации почвенного плодородия, данные дробного учета в последующем необходимы для планирования основных элементов методики полевого опыта.

**Алгоритм выполнения работы:**

1. Запишите данные своего задания в рабочую таблицу:

№ делянки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ц/га										
№ делянки	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ц/га										

2. Для определения степени варьирования плодородия почвы необходимо провести статистическую обработку урожая.

Общее число делянок  $n = 20$

Средняя урожайность по земельному участку  $\bar{x} = \sum X/n$

Поправка  $C = \sum (X - \bar{x})^2/n$

Общая сумма квадратов отклонений  $CKO = \sum (X - \bar{x})^2 - C$

Показатель	Формула
Средняя арифметическая	$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}$
Дисперсия	$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n - 1}$
Стандартное отклонение	$S = \sqrt{S^2}$
Коэффициент вариации	$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100$
Ошибка средней	$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}}$
Относительная ошибка средней	$S_{\bar{x}} \% = \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100$
Достоверный интервал для среднего значения	$\bar{x} \pm t S_{\bar{x}}$
Степень свободы	$n - 1$

3. Определение вида (тренда) варьирования плодородия почвы. Отложите на графике величины урожая от первой до последней делянки с целью получения эмпирической кривой.

4. Определите вид варьирования плодородия почвы по форме и тренду кривой (указать под рисунком)

**Вопросы для самоконтроля знаний:**

1. Как изучить степень и характер варьирования плодородия почвы опытных участков?
2. Закономерности территориального варьирования плодородия почвы
3. Какие элементы методики полевого опыта можно спланировать на основании данных дробного учета?
4. Виды ошибок в полевом опыте.

## Занятие 4

### Методы размещения вариантов в полевом опыте

#### Цель занятия:

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

#### Задание:

1. Разместить варианты в опыте, используя различные методы.

#### Вводные пояснения

*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, схемы, 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 жребию. 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:

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

4.  $l - 6, n - 4; l - 8, n - 3$

5. Методом латинского квадрата

$l - 3; 4; 5; 6.$

6. Методом латинского прямоугольника

$l - 8; 9; 12.$

7. 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  $n - 4$



**Вопросы для самоконтроля знаний:**

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.

## Занятие 5.

### Планирование схемы полевого опыта

#### Цель:

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

#### Задание:

1. По теме выпускной квалификационной 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.

#### Вводные пояснения

Под *схемой полевого опыта* понимают перечень логически увязанных вариантов, подлежащих количественному сравнительному исследованию. Схемы опытов бывают с *качественной и количественной градацией* изучаемых факторов. Если однородные варианты различаются количественно, то имеет место однофакторный опыт с количественными градациями вариантов. Например, в опытах планируется исследовать три глубины вспашки, четыре срока посева, три дозы удобрений и т.д. Опыт с разными способами обработки, разными гербицидами имеет однофакторную схему с качественными градациями. Опыты, в которых изучается два и более факторов, относят к многофакторным. Например, исследуются два способа обработки почвы (фактор *A*) и три дозы удобрений (фактор *B*). Любая схема опыта должна включать *контрольный вариант (стандарт)*, выступающий в качестве меры сравнения. Как правило, контролем служит лучший прототип, используемый в производстве.

Число вариантов (градаций фактора) определяется целью и задачами исследований. В опытах с качественной градацией, изучаемых вариантов при составлении схемы опыта необходимо правильно выбрать контрольный вариант (вариант), вы- держать принцип единственного логического различия, а также – фон (сопутствующие) условия. Здесь число вариантов ограничивается техническим обеспечением и причинами территориальной изменчивости плодородия.

Для опытов с количественными градациями фактора число вариантов не может быть менее трех, поскольку при меньшем числе вариантов не удастся использовать обязательные для количественной интерпретации математические функции. Кроме того, важно правильно выбрать основной уровень и интервал между градациями (шаг). Понятно, что вы- бранный уровень и интервал должны «накрывать» как лимитирующую, так и ингибирующие области кривой отклика и не пропустить центр эксперимента – оптимальную область.

На пестрых (коэффициент вариации свыше 20%) участках увеличение числа вариантов свыше определенного количества (12-16) может увеличить ошибку и требует использования сложных планов. На участках, позволяющих выделить однородные массивы, погрешность опыта с увеличением числа вариантов более 5 возрастает незначительно.

Главное требование к схеме опытов – это реализация объяснительного характера исследований. Так, при сравнительном исследовании вспашки на глубину 20 см и чизелевания на глубину 30 см необходимо как минимум включить вспашку на 30 см и чизелевание на 20 см. При эмпирическом подходе, не претендующим на объяснительный характер исследований, допустимо ограничиться 2 вариантами количественной, качественной или смешанной градации.

#### Алгоритм выполнения работы:

Необходимо разработать схему полевого опыта по проверке гипотезы об агротехнической эффективности применения дискатора в системе основной обработки почвы под зерновые культуры. Традиционная подготовка почвы базируется на вспашке на глубину пахотного слоя (20-22см) с последующим использованием сплошной культивации и предпосевной обработки комбинированным почвообрабатывающим агрегатом.

**Решение.** В качестве контроля в схему опыта включаем вариант со вспашкой и многооперационной предпосевной обработкой. Вторым вариантом берем обработку почвы дискатором на глубину 10-12 см с традиционной многооперационной предпосевной обработкой, позволяющей вычлени действие дискатора. Третьим вариантом рационально принять дискование тяжелой бороной на глубину 10-12 см с традиционной многооперационной предпосевной обработкой. Этот вариант позволяет вычлени эффективность использования орудия дискатора по сравнению с тяжелой дисковой бороной. Четвертым вариантом в схеме может быть обработка дискатором и предпосевной обработки комбинированным почвообрабатывающим агрегатом (без культивации). Обоснование такого сочетания служит использование результата более качественной работы дискатора, позволяющей достичь необходимой подготовки почвы без культивации.

**Схема опыта** «Агротехническая оценка использования дискатора в системе основной обработки почвы под зерновые культуры»

1. Вспашка на 20-22 см (контроль)
2. Обработка дискатором на 10-12 см
3. Обработка тяжелой дисковой бороной на 10-12 см
4. Обработка дискатором на 10-12 см, без культивации

**Вопросы для самоконтроля знаний:**

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.



## Занятие 6

### Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта

#### Цель занятия:

Научиться проводить дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта.

#### Задание:

1. Провести обработку данных урожайности культуры методом дисперсионного анализа (Приложение 3)
2. Сделать выводы на основе полученных результатов

#### Вводные пояснения

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. *Градации 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* вызваны 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*.

#### Алгоритм выполнения работы:

1. Проведите обработку данных урожайности культуры методом дисперсионного анализа (приложение 2). Для этого:

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

Таблица 6.1

Урожайность пшеницы, ц/га

Вариант	Повторения, X			Сумма V	Среднее, X
	1	2	3		
1	47,8	46,9	45,4	140,1	46,7
2	53,7	50,3	50,6	154,6	51,5
3	46,7	42,0	43,4	132,1	44,0
4	48,0	47,0	45,0	140,0	46,6
P	196,2	186,2	184,4	$\sum X = 566,8$	$X_N = 47,2$

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 поделочных урожаев от произвольного числа A, близкого к  $X_N$ . Найдите суммы отклонений по вариантам ( $\sum VA$ ), повторениям (PA), и общую сумму отклонений ( $\sum X-A$ ). Проверьте правильность расчетов по равенству  $VA = PA = \sum X-A$ .

Таблица 6.2

Отклонения и квадраты отклонений от произвольного начала А=47

Вариант	(x-A)			V <sub>A</sub>	(x-A) <sup>2</sup>			$\sum V_A^2$	$\sum V_A^2$
	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 <sub>A</sub>	8,2	-1,8	-3,6	$\sum x-A = 2,8$	$\sum (x-A)^2 = 46,6$	$\sum (x-A)^2 = 35,9$	$\sum (x-A)^2 = 32,5$	$\sum \sum (x-A)^2 = 115$	$\sum V_A^2 = 266$
					P <sup>2</sup> =67,0A	P <sup>2</sup> =3,2A	P <sup>2</sup> =13,0A	$\sum P^2 = 83,0A$	$(\sum (x-A))^2 = 7,8$

3. Рассчитайте суммы квадратов отклонений для различных источников варьирования.

Общее число наблюдений  $N = l \times n = 4 \times 3 = 12$ Корректирующий фактор  $C = (\sum (X-A))^2 : (l \times n) = 7,8 : 12 = 0,7$ 

Виды варьирования (суммы квадратов):

Общее  $CY = \sum \sum (X-A)^2 - C = 115 - 0,7 = 114,3$ Повторений  $Cp = \sum PA^2 : l - C = 83 : 4 - 0,7 = 20,1$ Вариантов  $CV = \sum VA^2 : n - C = 266 : 3 - 0,7 = 87,9$ 

Ошибки (остатка)

$$CZ = Cy - Cp - CV = 114,3 - 20,1 - 87,9 = 6,3$$

4. Вычислите число степеней свободы.

Общего рассеивания  $Vy = N - 1 = 12 - 1 = 11$  Повторений  $Vp = n - 1 = 3 - 1 = 2$ Вариантов  $VV = l - 1 = 4 - 1 = 3$ Остатка  $Vz = (l - 1) \times (n - 1) = (4 - 1) \times (3 - 1) = 6$ 

5. Вычислите дисперсию.

Вариантов  $Sv^2 = CV : VV = 87,9 : 3 = 29,3$ Остатка (ошибки)  $Sz^2 = CZ : Vz = 6,3 : 6 = 1,05$ 

Данные занесите в таблицу:

Таблица 6.3

Результаты дисперсионного анализа

Рассеивание	Сумма квадратов	Число степеней свободы, V	Средняя квадратич. (дисперсия), S <sup>2</sup>	F фактическое	F теоретическое	
					0,95	0,99
Общее	114,3	11	-			
Повторений	20	2	-			
Вариантов	87,9	3	29,3	27,9	4,76	9,78
Остатка (ошибки)	6,3	6	1,05			

6. Рассчитайте фактическое значение критерия Фишера (Fфакт).

$$F_{\text{факт}} = Sv^2 : Sz^2 = 29,3 : 1,05 = 27,9$$

7. Теоретическое значение критерия Фишера находят по таблице (приложение 5 и 6), используя число степеней свободы вариантов 3 (колонка с числом 3) и остатка – 6 (шестая строчка), на их пересечении находят

$$F_{0,95} = 4,76 \text{ и } F_{0,99} = 9,78.$$

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

опыта.

Вывод: т.к. фактическое значение критерия Фишера составляет 27,9, что больше  $F_{0,95}(4,76)$  и  $F_{0,99}(9,78)$ , то опыт достоверен на обоих уровнях доверительной вероятности. Это значит, что между средними арифметическими парами 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 ( $HCP_{0,5}$ ) и показатель точности опыта ( $Sx\%$ ).

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

$$E = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{1,05/3} = 0,35$$

$$S_d = E \times 1,41 = 0,35 \times 1,41 = 0,49$$

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

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

$$HCP_{0,95} = S_d \times t_{0,95} = 0,49 \times 2,45 = 1,2 \text{ ц/га} \quad HCP_{0,99} = S_d \times t_{0,99} = 0,49 \times 3,71 = 1,8 \text{ ц/га}$$

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.

Затем вычисляют относительную ошибку всего опыта:

$$Sx\% = 100 E : X_N = 100 \times 0,35 : 47 = 0,74 \%$$

Составляем итоговую таблицу дисперсионного анализа

Таблица 6.4

Итоговая таблица дисперсионного анализа

Варианты	XN	Разность	HCP		SX%
			0,95	0,99	
1	46,7	-	1,2	1,8	0,74
2	51,5	4,8			
3	44,0	-2,7			
4	46,6	-0,1			

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

#### Выводы:

1. Поскольку во втором варианте прирост урожайности составляет 4,8 ц/га, что больше  $HCP_{0,95}(1,2)$  и  $HCP_{0,99}(1,8)$ , он достоверен на обоих уровнях доверительной вероятности;

2. В третьем варианте прирост урожайности составляет -2,7 ц/га, что меньше  $HCP_{0,95}(1,2)$  и  $HCP_{0,99}(1,8)$ , то он недостоверен на обоих уровнях доверительной вероятности;

3. В 4 варианте прирост составляет -0,1 ц/га, что меньше  $HCP_{0,95}(1,2)$  и  $HCP_{0,99}(1,8)$ , то он недостоверен на обоих уровнях доверительной вероятности;

4. Значение относительной ошибки  $SX\%$ , которая составляет 0,74 свидетельствует об очень высокой точности опыта (если  $SX\% > 7$ , точность опыта – неудовлетворительная).

#### Вопросы для самоконтроля знаний: 1. Основная задача дисперсионного

анализа. 2. Сущность и основы метода.

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

## Занятие 7 Корреляционно-регрессионный анализ

### Цель занятия:

Познакомиться с сущностью корреляционного и регрессионного анализов, их значение в опытной работе

### Задание:

1. Изучить корреляционный и регрессивный анализы количественных и качественных показателей
2. Освоить практические навыки расчетов коэффициента корреляции, ошибку коэффициента корреляции, коэффициента регрессии, корреляционного отношения, уровня регрессии.
3. Рассчитать коэффициент корреляции (прил. 4)

### Вводные пояснения

В агрономических исследованиях редко приходится иметь дело с точными и определенными функциональными связями, когда каждому значению одной величины соответствует строго определенное значение другой величины. Чаще между варьирующими явлениями, объектами, условиями среды, ростом, продуктивностью растений и другими показателями существуют определенные взаимосвязи: значение средней величины одного признака изменяется при изменении другого признака. Когда определенному значению независимой переменной  $X$  соответствует не одно, а множество возможных значений признака  $Y$ , возникают связи, обнаруживаемые лишь при массовом изучении при- знаков, называемые стохастическими (вероятностными) или корреляционными.

Корреляции подразделяют по направлению, форме и числу связей. По направлению корреляция может быть пря- мой или обратной. При прямой корреляции с увеличением значения признака  $X$  увеличивается значение признака  $Y$ . Например, чем быстрее порастает число клубней картофеля определенных размеров, тем выше урожай; чем больше длина листа, тем больше его площадь: чем лучше освещены растения, тем интенсивнее фотосинтез и т.п.

При **обратной** корреляции с увеличением значения признака  $X$  значение признака  $Y$  уменьшается. Например, при постоянном увеличении массы корнеплодов свеклы уменьшается их сахаристость.

По форме корреляция бывает линейной и криволинейной. **Линейная** корреляция имеет место, когда с увеличением признака соответственно увеличивается второй признак  $Y$ . Например, площадь листьев возрастает с увеличением их длины; урожай увеличивается с увеличением числа полноценных зерен; ростовые процессы улучшаются при увеличении площади питания растений.

При **криволинейной** корреляции значения  $X$  и  $Y$  изменяются сначала в одном направлении, а затем в противоположном. Так, при постоянно возрастающих дозах фактора  $X$  (азотные или другие удобрения, влажность почвы и т.п.) урожай  $Y$  сначала возрастает, затем стабилизируется, а после дальнейшего увеличения признака  $X$  снижается. Линейная связь выражается *коэффициентами корреляции* -  $r$ , а криволинейная — *корреляционными отношениями* -  $\eta$  (буква «эта»).

По числу связей корреляция может быть **простой**, когда имеется связь между двумя признаками и **множественной**, когда связано три признака и более. Например, урожай зависит от дозы азота, фосфора, калия, норм орошения и других факторов. По силе связи корреляция бывает полной, сильной, средней, слабой; она может быть также достоверной и недостоверной.

Если корреляционный анализ показал наличие сильной и достоверной связи, т.е. такой, которая установлена на уровнях вероятности  $P_{0,95}$  и  $P_{0,99}$ , проводят регрессивные анализы, вычисления коэффициента регрессии  $R_{xy}$  и  $R_{yx}$ . **Регрессия - это характер и степень изменения одного из признаков  $X$  на единицу изменения другого  $Y$ .**

Связь между функцией и аргументом выражается **уравнением регрессии** или **корреляционным уравнением**, которые используют:

– для вычисления неизвестного показателя по известному, например площади листьев по их длине;

– для прогнозирования будущего урожая по числу цветков или завязей;

– для прогнозирования качества урожая по элементам погоды;

– для прогнозирования распространения вредителей и болезней по внешним условиям;

– для прогнозирования качества продуктов переработки и их хранения по качеству сырья и

т.д.

При простой регрессии уравнение кратко обозначается  $Y = f(x)$  и при множественной  $Y = f(x, z, v, \dots)$ . Для оценки тесноты (силы) связи используют коэффициенты корреляции и корреляционное отношение.

Рассмотрим линейную корреляцию и регрессию. Под линейной -прямолинейной — корреляционной зависимостью между двумя признаками  $X$  и  $Y$  понимают такую зависимость, которая носит линейный характер и выражается уравнением прямой линии  $y = a + bx$ . Это уравнение называется уравнением регрессии  $Y$  на  $X$ , а соответствующая ему прямая линия — выборочной регрессии  $Y$  на  $X$ .

Линейная регрессия  $Y$  на  $X$  показывает, как изменяется в среднем величина  $Y$  при изменении величины  $X$ . Если при увеличении  $X$  величина  $Y$  в среднем увеличивается, то корреляция и регрессия называется **положительной** или **прямой**, а если с увеличением  $X$  значение  $Y$  в среднем уменьшается — **отрицательной** или **обратной**.

Для анализа линейной корреляции между  $X$  и  $Y$  проводят  $n$  независимых парных наблюдений, исходом каждого из которых является пара чисел  $(X_1; Y_1)$   $(X_2; Y_2)$  ...  $(X_n; Y_n)$ .

По этим значениям определяют выборочные эмпирические коэффициенты корреляции и регрессии, рассчитывают уравнение регрессии, строят теоретическую линию регрессии и оценивают значимость полученных результатов.

В качестве числового показателя простой линейной корреляции, указывающего на тесноту и направление связи  $X$  с  $Y$ , используют коэффициент корреляции, обозначаемый буквой  $r$ . Он является безразмерной величиной, изменяющейся в области  $-1 < r < +1$ , и рассчитывается по формуле:

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

Если каждой величине  $X$  соответствует только определенная величина  $Y$ , то корреляционная связь переходит в **функциональную**, которую можно считать частным случаем корреляционной.

При полных связях, когда корреляционная связь пре- вращается в функциональную, значение коэффициента корреляции равно для положительных, или прямых связей  $+1,0$ , для отрицательных, или обратных связей  $-1,0$ . Чем ближе  $r$  к  $+1$  или  $-1$ , тем теснее прямолинейная корреляционная связь; она ослабевает с приближением  $r$  к  $0$ . Когда  $r = 0$ , между  $X$  и  $Y$  нет линейной связи, но криволинейная зависимость может существовать.

Может показаться, что величина коэффициента корреляции, близкая к  $0,5$ , уже достаточно высока и совпадение вариации двух признаков при этом должно быть у половины всех случаев.

Однако теория корреляции показывает, что степень сопряженности в вариации двух величин более точно измеряется квадратом коэффициента корреляции ( $r^2$ ).

Тогда, при  $r = 0,5$  не 50%, а только 25% изменчивости одного признака объясняется изменчивостью другого ( $0,5^2 = 0,25$  или 25%), остальная же часть сопряженности ( $1 - 0,25 = 0,75$ ) обусловлена другими факторами.

При  $r = 0,6$  не 60%, а около 36%, при  $r = 0,8$  около 64%, а при  $r = 0,95$  уже около 97% изменчивости зависимой переменной  $Y$  (результативного признака) связано с изменчивостью независимой переменной  $X$  (факториального при- знака).

Квадрат коэффициента корреляции ( $r^2$ ) называется **коэффициентом детерминации** и обозначается  $d_{yx}$ . Он показывает долю (%) от тех изменений, которые в данном явлении зависят от изучаемого фактора.

Коэффициент детерминации является более непосредственным и прямым способом выражения зависимости одной величины от другой, и в этом отношении он предпочтительнее коэффициента корреляции.

В случаях, где известно, что зависимая переменная  $Y$  находится в причинной связи с независимой переменной  $X$ , значение  $r^2$  показывает ту долю элементов в вариации  $Y$ , которая определена влиянием  $X$ .

Поэтому в выражении «50% колебаний в урожай вызывается колебаниями в выпадении осадков» — 50% - коэффициент детерминации.

Считается, что при  $r < 0,3$  корреляционная зависимость между признаками слабая,  $r = 0,3 - 0,7$  — средняя, а при  $r > 0,7$  сильная.

Для оценки надежности выборочного коэффициента корреляции вычисляют ошибку и критерий существенности.

Стандартную ошибку коэффициента корреляции определяют по формуле:

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}$$

где  $s_r$  – ошибка коэффициента корреляции;

$r$  – коэффициент корреляции;

$n$  – численность выборки, т.е. число пар значений по которым вычислен выборочный коэффициент корреляции.

Следовательно, коэффициенты корреляции, близкие к единице, оказываются всегда точнее коэффициентов корреляции, близких к нулю.

С увеличением количества объектов исследования  $s_r$  также будет всегда уменьшаться, а точность в определении  $r$  – возрастать.

Критерий существенности коэффициента корреляции рассчитывают по формуле:

$$t_r = \frac{r}{S_r}$$

Если  $t_{r \text{ факт}} \geq t_{r \text{ теор}}$ , то корреляционная связь существенна, а когда  $t_{r \text{ факт}} < t_{r \text{ теор}}$  – несущественна.

Теоретическое значение критерия Стьюдента  $t_{r \text{ теор}}$  находят по таблице (Приложение 6), принимая 5%-ный уровень значимости. Число степеней свободы принимают равным  $n - 2$ .

Коэффициент корреляции указывает на направление и степень сопряженности в изменчивости признаков, но не позволяет судить о том, как количественно меняется результативный признак при изменении факториального на единицу измерения, что важно в познавательных и практических целях.

В подобных случаях на помощь приходит **регрессивный анализ**. Его основная задача – определить формулу корреляционной зависимости, т.е. уравнение прямой линии.

Уравнение линейной регрессии  $Y$  по  $X$  имеет вид:

$$Y = y + R_{yx}(X - \bar{x})$$

где  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  – средние арифметические для  $X$  и  $Y$ ;

$R_{yx}$  – коэффициент регрессии  $Y$  по  $X$ . Коэффициент регрессии вычисляют по формулам:

$$R_{yx} = \frac{\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sum(X - \bar{x})^2} \quad \text{и} \quad R_{xy} = \frac{\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sum(Y - \bar{y})^2}$$

Коэффициент регрессии  $b_{yx}$  показывает, как изменяется  $Y$  при изменении  $X$  на единицу измерения и выражается в единицах  $Y$ , а  $R_{xy}$  указывает регрессию  $X$  на  $Y$  и выражается в единицах  $X$ .

**Коэффициентом линейной регрессии** называется число, показывающее, в каком направлении и на какую величину изменяется в среднем признак  $Y$  (функция) при изменении признака  $X$  (аргумента) на единицу измерения. Произведение коэффициентов регрессии равно квадрату коэффициента корреляции:

$$R_{yx} R_{xy} = r^2$$

Ошибку коэффициента регрессии вычисляют по формуле:

$$S_{R_{yx}} = S_r \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{y})^2}{\sum(X - \bar{x})^2}} \quad \text{и} \quad S_{R_{xy}} = S_r \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{x})^2}{\sum(Y - \bar{y})^2}}$$

Критерий существенности коэффициента регрессии определяют по формуле:

$$t_b = \frac{b}{S_b}$$

Если определен критерий существенности для коэффициента корреляции, он может быть использован и для оценки значимости коэффициента регрессии, так как  $t_b = t_r$ .

Корреляция может быть изображена графически в виде линии регрессии. Для построения графика по оси абсцисс откладывают значения признака  $X$ , по оси ординат – значения признака  $Y$  и каждое наблюдение под двумя переменными отмечают точкой с координатами  $(X, Y)$ . Такой график называют «точечной диаграммой» или «корреляционным полем». Точечная диаграмма часто указывает на сильный разброс индивидуальных наблюдений и не позволяет с достаточной точностью определить любое значение результативного признака  $Y$  по заданному значению  $X$ . Поэтому необходимо устранить влияние случайных отклонений и найти положение теоретической линии регрессии, т.е. усреднённое течение функции при равномерном увеличении аргумента.

Принципы, положенные в основу нахождения усреднённого течения функции, в некоторой степени подобны определению средней арифметической, которая наиболее близко стоит ко всем индивидуальным значениям, так что сумма квадратов отклонений от их средней есть величина наименьшая. Выравнивание эмпирических рядов можно проводить двумя способами: графическим и аналитическим.

Графический способ позволяет с достаточным приближением получить теоретическую линию регрессии без дополнительных вычислений. На точечной диаграмме при помощи прозрачной линейки с нанесенной чертой проводят линию на глаз так, чтобы она располагалась как можно ближе по всем точкам и сумма расстояний этой линии от эмпирических точек была наименьшей. Этот метод дает удовлетворительные результаты в тех случаях, когда необходимо только грубо, приближенно выявить общую тенденцию. Поэтому лучше применять аналитический способ построения теоретической линии регрессии  $Y$  по  $X$ .

По исходным наблюдениям вычисляют  $x$ ,  $y$  и  $b_{yx}$ .

#### **Алгоритм выполнения работы:**

Проведите корреляционный и регрессионный анализы линейной зависимости. Для этого:

1. Составьте таблицу корреляционной зависимости:

Таблица 7.1

Корреляционная зависимость между массой плодов томатов ( $X$ , г) и содержанием сахаров в плодах ( $Y$ , %)

Номер пары	$X$	$Y$	$X-x$	$Y-y$	$(X-x)^2$	$(Y-y)^2$	$(X-x) \times (Y-y)$
1	16	1,3	-103,7	-1,6	10769,8	2,56	166,04
2	66	2,1	-53,7	-0,8	2892,0	0,64	43,02
3	41	1,7	-78,7	-1,2	6205,9	1,44	94,53
4	116	2,9	-3,7	0	14,2	0	0
5	98	2,5	-21,7	-0,4	474,2	0,16	8,71
6	152	3,3	32,2	0,4	1038,2	0,16	12,88
7	213	4,5	93,2	1,6	8690,3	2,56	149,15
8	198	4,2	78,2	1,3	6118,7	1,69	101,68
9	178	3,6	58,2	0,7	3389,8	0,49	40,75
	$x=119,7$	$y=2,9$	$\sum(X-x)=5,68$	$\sum(Y-y)=-2,22$	$\sum(X-x)^2=39593$	$\sum(Y-y)^2=9,7$	$\sum(X-x) \times (Y-y)=616,8$

Число пар  $n=9$

2. Вычислите коэффициент корреляции ( $r$ )

$$r = \frac{\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{x})^2 \sum(Y - \bar{y})^2}} = \frac{616,8}{\sqrt{39593 \times 9,7}} = +0,99$$

3. Ошибку коэффициента корреляции ( $S_r$ )

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}} = \sqrt{\frac{1 - 0,98}{9 - 2}} = 0,003$$



## 4. Критерий достоверности коэффициента корреляции

$$t_r = \frac{r}{S_r} = 3,30$$

Теоретическое значение критерия  $t$  находят по таблице Стьюдента (Приложение 6), при числе степеней свободы  $U_r = n - 2 = 9 - 2 = 7$   $t_{0,95} = 2,37$   $t_{0,99} = 3,50$ .

Для выводов о силе корреляционной связи между мас- сой плодов томата и содержанием сахаров пользуются следу- ющей 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  $r = +0,99$ , то связь между изучаемыми показателями прямая и сильная, прибли- жающаяся к полной.

2. Критерии достоверности  $t_r$  (3,30) больше  $t_{0,95}$  и  $t_{0,99}$  следовательно, связь достоверна на самых высоких уровнях доверительной вероятности.

Регрессионный анализ проводится при сильной и до- стоверной связи и любом направлении (прямом или обрат- ном).

В нашем случае это целесообразно сделать по массе плодов томата т.е. по значению  $X$  определить содержание сахаров  $Y$ . Уравнение линейной регрессии имеет вид  $Y = y + R_{yx}(X - x)$ , где  $y$  и  $x$  – средние арифметические анализируемых вариационных рядов;  $X$  – масса плодов томата, в которых нужно определить количество сахаров.

Вычисляют

$$R_{yx} = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sum (X - \bar{X})^2} = \frac{618,6}{39593} = 0,016 \% \text{ в } 1 \text{ г плодах томата.}$$

$$\text{Тогда } Y = 2,9 + 0,016 (X - 119,7) = 0,016 X + 0,98$$

**Вопросы для самопроверки знаний:**

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

## Занятие 8

### Определение характера наследования

#### Цель занятия:

Научиться определять характер наследования

#### Задание:

1. Определить степень фенотипического доминирования и степень гетерозиса (по заданию преподавателя)
2. На основании полученных данных сделать выводы.

#### Вводные пояснения

Наиболее характерными показателями наследования количественных признаков сои является гетерозис и тип доминирования. Гетерозис широко используется в практической селекции как наиболее результативный путь улучшения большинства сортов культурных растений.

Степень фенотипического доминирования определяют по формуле:

$$h = \frac{F_1 - M_p}{P_{\max} - M_p}$$

где  $h_p$  - степень доминирования или депрессии гибрида;

$F_1$  – среднее арифметическое значение признака у гибридов в  $F_1$

$M_p$  – среднее значение признака обоих родителей;

$P_{\max}$  – среднее значение родителя с наиболее развитым признаком.

При  $-\infty < h_p < -1$  – гибридная депрессия;

при  $-1 < h_p < -0,5$  – депрессия, обусловленная эффектами отрицательного доминирования;

при  $-0,5 < h_p < 0,5$  – промежуточное наследование, вызванное аддитивными эффектами генов;

при  $0,5 < h_p < 1$  – доминирование; при  $1 < h_p < \infty$  – сверх-доминирование (истинный гетерозис).

Степень гетерозиса рассчитывают по формуле:

$$\Gamma\% = \frac{F_1 - P_{\max}}{P_{\max}} \times 100$$

#### Алгоритм выполнения работы:

По массе 1000 зерен у пшеницы получены следующие данные:

$F_1$  - среднее арифметическое значение признака у гибридов в  $F_1$  (40,9 г)

$M_p$  – среднее значение признака обоих родителей (31,1 г)

$P_{\max}$  – среднее значение родителя с наиболее развитым признаком (42,0 г)

$$h_p = (40,9 - 31,1) / (42,0 - 31,1) = 9,8 / 10,9 = 0,899$$

$$\Gamma\% = (40,9 - 42,0) / 42,0 \times 100 = -2,62\%$$

#### Вывод:

Выявлено, что наследование массы 1000 зерен пшеницы проходило по типу доминирования.

## ГЛОССАРИЙ

**Блок** - часть повторения, компактная группа нескольких делянок, опыта; в зарубежной литературе термин применяют как для обозначения обычных повторений (см. «повторение»), так и собственно блоков – неполных повторений.

**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 Р.

**Выключка** – часть учетной делянки, исключенная из учета из-за случайных повреждений или ошибок, допущенных при проведении опыта.

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

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

**Делянка учетная** – часть площади опытной делянки, предназначенная для учета урожая (без боковых и поперечных 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 F и  $HCp_{0,95}$ .

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

**Дробный учет** – учет урожая рекогносцировочного посева одинаковыми (10-50 м<sup>2</sup>) малыми делянками.

**Защитная полоса, защита** – краевые (боковые и поперечные) части делянок, которые не подвергаются учету и служат для исключения влияния растений соседних вариантов, для предохранения учетной части делянок 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  $\bar{x}$ . Основ- ной 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  $s$  к средней арифметической, выраженное в процентах. Обозначается буквой V.

**Коэффициент корреляции** – статистический показатель тес- ноты (силы) связи. Обозначается буквой r.

**Коэффициент регрессии** –  $R_{yx}$  – число, показывающее, в каком направлении и на какую величину изменяется в среднем зависимая переменная  $Y$  (результативный признак) при изменении независимой переменной  $X$  на единицу измерения.

**Латинский квадрат** – схема рендомизированного (случайного) размещения вариантов в опыте, в котором делянки располагаются рядами и столбцами (4x4, 5x5, 6x6 и т. д.). В каждом ряду и столбце должен быть полный набор вариантов схемы (повторения), и, следовательно, в латинском квадрате число 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 (4x4x3; повторность  $n=4$ , число вариантов  $l=12$ ).

**Методика полевого опыта** – включает следующие элементы: 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 неорганизованных повторений** – полная рендомизация.

**Метод расщепленных (сложных) 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.

Это наиболее распространенный метод размещения вариантов.

**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>05</sub>) или 1%-ном (НСР<sub>01</sub>) уровне значимости.

**Опыт** – исследование, осуществляемое на специально выделенном участке для оценки действия различных вариантов (сортов) на урожай растений и его качество.

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

**Ошибка опыта, выборки** – 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 единицах измерения, что и изучаемый признак. Ошибку  $S$ , выраженную в процентах от соответствующей средней, называют относительной ошибкой опыта или выборки ( $S\%$ ). В полевом опыте величину  $S\%$  (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. **Полевой опыт** – исследование, осуществляемое в полевой обстановке на специально выделенном участке для оценки действия различных вариантов на урожайность растений и его качество.

**Полная рендомизация (метод неорганизованных повторений)** – варианты полевого опыта располагаются на делянках совершенно случайно.

**Производственный сельскохозяйственный опыт** – комплексные исследования, которые проводятся в производственных условиях бригадами, отделениями, хозяйствами или группой хозяйств и отвечают 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.

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

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

**Систематическое размещение вариантов** – схема, при которой порядок следования вариантов в каждом повторении подчиняется определенной системе (последовательно, в шахматном порядке).

**Систематическое последовательное размещение вариантов** – применяется при одноярусном расположении делянок в опыте.

**Стандартное размещение вариантов** – такое расположение вариантов полевого опыта, при котором контроль (стандарт) размещается через 1-2 изучаемых варианта.

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

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

**Типичность (репрезентативность)** – соответствие 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  $P_1$ .

**Урожайность** – количество продукции растениеводства с единицы земельной площади:  $\text{кг/м}^2$ , ц/га, т/га.

**Учет урожая косвенный** – метод учета урожая по средней пробе - пробными снопами, пробными площадками, метровками, отдельными растениями.

**Учет урожая сплошной** – метод учета урожая, при котором взвешивают и учитывают всю товарную часть продукции с 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** – число свободно варьирующих величин. Обозначается буквой  $n$  и в простейшем случае равно числу всех наблюдений, уменьшенному на единицу ( $n-1$ ).

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

## ИТОГОВЫЙ ТЕСТ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ

**1. Лабораторный, вегетационный, лизиметрический, полевой – это...**

- 1) Основные методы агрономического исследования
- 2) Доверительные интервалы
- 3) Учет урожая
- 4) Группировка вариантов
- 5) Дробный учет

4) Уровень значимости

5) Схема опыта

**2. Изучение, при котором исследователь искусственно вызывает явления или изменяет условия так, чтобы лучше выяснить сущность явления, происхождение, причинность и взаимосвязь предметов и явлений – это...**

- 1) Эксперимент или опыт
- 2) Корреляционный анализ
- 3) Изменчивость
- 4) Разбивка опытного участка
- 5) Дисперсионный анализ

**3. Количественная или качественная регистрация интересующих исследователя сторон развития явления, констатация наличия того или иного его состояния, признака или свойства – это...**

- 1) Наблюдения
- 2) Вероятность
- 3) Достоверность опыта
- 4) Корреляция
- 5) Вариант опыта

**4. Изучаемое растение, сорт, условия возделывания, агротехнический прием или их сочетание – это...**

- 1) Вариант опыта
- 2) Защитная полоса
- 3) Повторность
- 4) Уровень значимости
- 5) Схема опыта

**5. Элементарная единица полевого опыта, часть площади опыта, имеющая определенный размер и форму и предназначенная для размещения отдельного варианта – это...**

- |                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| 1) Делянка опытная     | 4) Вариация     |
| 2) Делянка учетная     | 5) Изменчивость |
| 3) Достоверность опыта |                 |

**6. Вариант, с которым сравнивают опытные варианты – это...**

- |                    |                |
|--------------------|----------------|
| 1) Контроль        | 4) Повторность |
| 2) Делянка опытная | 5) Схема опыта |
| 3) Корреляция      |                |

**7. Часть площади опытного участка, включающего делянки с полным набором вариантов схемы опыта – это...**

- |                    |                 |
|--------------------|-----------------|
| 1) Повторение      | 4) Выключка     |
| 2) Повторность     | 5) Изменчивость |
| 3) Делянка учетная |                 |

**8. Число одноименных делянок каждого варианта в данном полевым опыте – это...**

- |                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| 1) Повторность         | 4) Факториальный опыт |
| 2) Повторение          | 5) Схема опыта        |
| 3) Уравнительный посев |                       |

**9. Расхождение между результатами выборочных наблюдений и истинным значением измеряемой величины – это...**

- 1) Ошибка
- 2) Вариационный ряд
- 3) Число степеней свободы
- 4) Повторность
- 5) Наименьшая существенная разность

**10. Определение задачи и объектов исследований, разработка схемы опыта, выбор земельного участка – это...**

- |                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1) Планирование эксперимента | 4) Вегетационный опыт       |
| 2) Дисперсионный анализ      | 5) Рекогносцировочный посев |
| 3) Рендомизация              |                             |

**11. Сплошной посев одной культуры, предшествующий закладке полевого опыта и проводимый для выявления степени однородности почвенного плодородия на площади опыта – это...**

- 1) Рекогносцировочный посев
- 2) Рендомизированное размещение вариантов
- 3) Стандартное размещение вариантов
- 4) Уровень значимости
- 5) Метод расщепленных делянок

**12. Совокупность опытных и контрольных вариантов – это...**

- 1) Схема опыта
- 2) Повторность
- 3) Повторение
- 4) Наименьшая существенная разность
- 5) Вероятность

**13. Исследование, осуществляемое в полевой обстановке на специально выделенном участке для оценки действия различных вариантов на урожай растений и его качество – это...**

- |                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| 1) Полевой опыт            | 4) Вегетационный опыт |
| 2) Рекогносцировочный опыт | 5) Латинский квадрат  |
| 3) Уравнительный посев     |                       |

**14. Комплексное исследование, которое проводится в производственных условиях бригадами, хозяйствами, группой хозяйств и отвечает конкретным задачам самого материального производства, его развития и совершенствования – это...**

- 1) Производственный сельскохозяйственный опыт
- 2) Лизиметрический опыт
- 3) Вегетационный опыт
- 4) Уравнительный посев
- 5) Схема опыта



**15. Часть площади опытной делянки, предназначенной для учета урожая – это...**

- |                            |             |
|----------------------------|-------------|
| 1) Учетная площадь делянки | 4) Контроль |
| 2) Дробный учет            | 5) Выключка |
| 3) Защитная полоса         |             |

**16. Риск сделать ошибочное заключение. В агрономических исследованиях допускается 5 и 1% - это...**

- 1) Уровень значимости
- 2) Вариация
- 3) Дисперсионный анализ
- 4) Факториальный опыт
- 5) Наименьшая существенная разность

**17. Величина, указывающая границу возможных случайных отклонений в эксперименте; отклонение между вариантами, которое на определенном уровне значимости считается существенным – это...**

- 1) Наименьшая существенная разность (разница)
- 2) Число степеней свободы
- 3) Ошибка опыта
- 4) Корреляция
- 5) Вариационный ряд

**18. Число свободно варьирующих величин; в простейшем случае равно числу всех наблюдений минус единица – это...**

- |                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1) Число степеней свободы | 4) Коэффициент детерминации |
| 2) Корреляция             | 5) Достоверность опыта      |
| 3) Схема опыта            |                             |

**19. Метод анализа результатов эксперимента, заключающийся в разложении общей изменчивости результативного признака на части, соответствующие структуре эксперимента, и оценка значимости действия и взаимодействия изучаемых факторов по критерию Фишера**

- |                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| 1) Дисперсионный анализ | 4) Латинский квадрат |
| 2) Достоверность опыта  | 5) Вероятность       |
| 3) Корреляция           |                      |

**20. Статистический метод определения тесноты и формы связи между признаками – это...**

- |                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| 1) Корреляционный анализ   | 4) Дисперсия выборочная |
| 2) Методика полевого опыта | 5) Вариация             |
| 3) Дисперсионный анализ    |                         |

**21. Корреляционная зависимость между двумя признаками, которая носит линейный характер и выражается уравнением прямой линии  $Y = a + bX$  – это...**

- 1) Линейная корреляционная зависимость
- 2) Криволинейная регрессия
- 3) Дисперсия
- 4) Изменчивость
- 5) Ковариация

**22. Если на величину результативного признака одновременно влияют несколько факториальных, корреляция называется ...**

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 1) Множественной | 4) Дисперсией    |
| 2) Частной       | 5) Изменчивостью |
| 3) Криволинейной |                  |

**23. Свойство объектов одного класса отличаться друг от друга по одному и тому же признаку даже в однородных совокупностях – это...**

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| 1) Изменчивость | 4) Корреляция   |
| 2) Варьирование | 5) Ошибка опыта |
| 3) Урожайность  |                 |

**24. Часть объектов генеральной совокупности, включенных в обследование для характеристики совокупности по нужным признакам – это...**

- |                |                         |
|----------------|-------------------------|
| 1) Выборка     | 4) Дисперсионный анализ |
| 2) Схема опыта | 5) Ошибка опыта         |
| 3) Корреляция  |                         |

**25. Степень и особенности изменения одного из признаков (X) на единицу другого (Y) – это...**

- |               |                |
|---------------|----------------|
| 1) Регрессия  | 4) Дисперсия   |
| 2) Корреляция | 5) Урожайность |
| 3) Вариация   |                |

**26. Изменчивость, в которой различия между вариантами выражаются количеством, например массой, высотой, урожаем и т.д. – это...**

- |                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| 1) Количественная изменчивость | 4) Регрессия |
| 2) Корреляция                  | 5) Выборка   |
| 3) Качественная изменчивость   |              |

**27. Показатель, который дает представление о наиболее вероятной средней ошибке отдельного наблюдения, взятого из данной совокупности – это...**

- |                           |                |
|---------------------------|----------------|
| 1) Стандартное отклонение | 4) Схема опыта |
| 2) Дисперсия              | 5) Ошибка      |
| 3) Урожайность            |                |

**28. Распределение результатов измерений, полученных при изучении выборки, например распределение растений по высоте или массе – это...**

- |                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| 1) Эмпирическое распределение | 4) Дисперсия    |
| 2) Корреляция                 | 5) Полевой опыт |
| 3) Регрессия                  |                 |

**29. Из чего состоит опытная делянка?**

- 1) Из учетной площади и защитной зоны
- 2) Из учетной площади
- 3) Из повторений и повторностей
- 4) Из учетной площади и боковой защитной зоны

**30. В каких опытах изучается влияние нескольких факторов?**

- |                   |                  |
|-------------------|------------------|
| 1) Многофакторных | 3) Однофакторных |
| 2) Многолетних    | 4) Многоделячных |

**31. Если на опытном участке наблюдается сильное варьирование почвенных условий, то в этом случае надо...?**

- 1) Увеличить повторность опыта
- 2) Увеличить площадь эксперимента
- 3) Увеличить число вариантов в схеме эксперимента
- 4) Уменьшить норму посева культуры

**32. Что подразумевается под принципом (правилом) единственного различия?**

- 1) Технология возделывания и условия на опытном участке, кроме исследуемых факторов, должны быть одинаковыми
- 2) Размеры и направление делянок должны быть одинаковыми на всем опытном участке
- 3) При математическом анализе данные должны отличаться на определенную величину
- 4) Исследуемые совокупности растений не должны значительно отличаться друг от друга

**33. Если уровень значимости 5%-ный, чему будет равен уровень вероятности?**

- |         |          |
|---------|----------|
| 1) 95 % | 3) 100 % |
| 2) 90 % | 4) 99 %  |

**34. Как расшифровывается НСР**

- 1) Наименьшая существенная разность
- 2) Наибольший существенный результат
- 3) Head Certain Point
- 4) Наибольшая средняя разница

**35. При рендомизированном размещении варианты в опыте размещаются?**

- 1) Случайно
- 2) Последовательно
- 3) Один вариант контроля чередуется с одним опытным вариантом
- 4) Один вариант контроля чередуется с двумя опытным вариантом

**36. В каком методе размещения вариантов число вариантов должно равняться числу повторностей?**

- 1) Латинский квадрат
- 2) Метод полной рендомизации
- 3) Метод рендомизированных повторений
- 4) Латинский прямоугольник

**37. Какая проявляется форма корреляции, когда при увеличении одних признаков соответственно увеличиваются другие признаки?**

- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| 1) Прямолинейная | 3) Качественная   |
| 2) Криволинейная | 4) Количественная |

**38. Когда исследуется связь между двумя признаками, то это корреляция?**

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 1) Простая       | 3) Средняя       |
| 2) Множественная | 4) Промежуточная |

**39. Для чего используют рекогносцировочные посевы?**

- 1) Для определения варьирования плодородия почвы
- 2) Для определения влияния сорта на урожайность культуры
- 3) Для снижения засоренности полей
- 4) Для снижения фитопатогенной микрофлоры на поле

**40. Чем отличается метод полной рендомизации от метода рендомизированных повторений?**

- 1) В методе полной рендомизации не создаются повторения
- 2) В методе полной рендомизации больше вариантов

**41. С какой целью закладываются повторения эксперимента?**

- 1) Для уменьшения погрешности эксперимента
- 2) Для увеличения числа делянок
- 3) Для увеличения повторности эксперимента
- 4) Для учета влияния почвенных условий в опыте

**42. Как называются ошибки, возникающие при просчетах в процессе работы?**

- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| 1) Грубые          | 3) Случайные        |
| 2) Систематические | 4) Однонаправленные |

**43. Искусственное создание различных условий для исследуемых растений с целью выявления наиболее эффективных вариантов в процессе учетов и наблюдений:**

- |                 |          |             |
|-----------------|----------|-------------|
| 1) Схема опыта. | 2) Опыт. | 3) Вариант. |
|-----------------|----------|-------------|

**44. Различные условия, при которых выращивают растения в опытах (отдельные агроприемы, элементы технологий, набор сортов):**

- 1) Вариант.                      2) Повторение.                      3) Контроль.

**45. Условия агротехники, рекомендованные научными учреждениями конкретной зоны для данного хозяйства в период постановки опыта:**

- 1) Вариант.  
2) Контрольный вариант.  
3) Стандарт.

**46. Лучший сорт среди районированных и наиболее распространенных, с которым сравнивают остальные изучаемые сорта:**

- 1) Контроль.                      2) Вариант.                      3) Стандарт.

**47. Перечень логично подобранных вариантов с определенными контролями (стандартами), объединенных конкретной темой, идеей:**

- 1) Схема опыта.                      2) Эксперимент.                      3) Повторность опыта.

**48. Земельная площадь прямоугольной формы определенного размера, на которой изучают только один из вариантов опыта:**

- 1) Защита.                      2) Вариант.                      3) Опытная делянка.

**49. Часть площади опыта с полным набором вариантов согласно схеме опыта:**

- 1) Эксперимент.                      2) Повторность.                      3) Повторение.

**50. Изучение конкретного объекта, явления или предмета для раскрытия закономерностей его возникновения и развития:**

- 1) Наблюдение.  
2) Научное исследование.  
3) Опыт.

**51. Упорядоченная деятельность, направленная на получение новых знаний:**

- 1) Метод.                      2) Эксперимент.                      3) Наблюдение.

**52. Научное предположение, истинное значение которого является неопределенным:**

- 1) Теория                      2) Знание                      3) Гипотеза.

**53. Целенаправленное сосредоточение внимания на явлениях, происходящих в природе или эксперименте и их количественная и качественная регистрация:**

- 1) Опыт                      2) Наблюдение.                      3) Эксперимент.

**54. Метод исследований, с помощью которого исследуемый объект мысленно или физически расчленяют на составные части для детального изучения:**

- 1) Абстрагирование.                      2) Синтез.

**55. Соединение расчлененных и проанализированных частей исследуемого объекта в единое целое с целью получения необходимых данных для выводов и обобщений:**

- 1) Анализ.                      2) Синтез.                      3) Обобщение.

**56. Метод исследования, с помощью которого суждения ведут от фактов к конкретным выводам:**

- 1) Индукция.                      2) Анализ.                      3) Дедукция.



**57. Метод исследования, который позволяет с помощью анализа общих положений и фактов делать частные общеночные выводы:**

- 1) Обобщение.
- 2) Дедукция.
- 3) Индукция.

**58. 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:**

- 1) Лабораторный метод.
- 2) Вегетационный метод.
- 3) Лизиметрический метод.

**59. Исследование растений и свойств почвы в поле, в больших сосудах для изучения баланса влаги и элементов питания:**

- 1) Лизиметрический метод.
- 2) Вегетационно-полевой метод.
- 3) Полевой метод.

**60. Исследование растений непосредственно в поле в металлических цилиндрах, с целью изучения эффективности удобрений, плодородия генетических горизонтов:**

- 1) Лизиметрический метод.
- 2) Полевой метод.
- 3) Вегетационно-полевой метод.

**61. 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:**

- 1) Лабораторный метод.
- 2) Полевой метод.
- 3) Вегетационно-полевой метод.

**62. 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:**

- 1) Лабораторный метод.
- 2) Вегетационный метод.
- 3) Полевой метод.

**63. Мелкоделяночные опыты проводят на опытных делянках площадью:**

- 1) До 10 м<sup>2</sup>.
- 2) До 15 м<sup>2</sup>.
- 3) До 20 м<sup>2</sup>.

**64. Лабораторно-полевые опыты проводят на опытных делянках площадью:**

- 1) 5-10 м<sup>2</sup>
- 2) 11-50 м<sup>2</sup>
- 3) 51-70 м<sup>2</sup>.

**65. Полевые опыты проводят на опытных делянках площадью:**

- 1) < 10 м<sup>2</sup>
- 2) >10 м<sup>2</sup>
- 3) >50 м<sup>2</sup>.

**66. В демонстрационных опытах площадь делянок составляет:**

- 1) 50-100 м<sup>2</sup>.
- 2) 100-200 м<sup>2</sup>.
- 3) 200-400 м<sup>2</sup>

**67. Для опытов по учету эффективности новых агроприемов в производстве выделяют контрольные полосы, общая площадь каждой из которых:**

- 1) До 3 га.
- 2) До 5 га.
- 3) До 10 га

**68. Опыты, проводимые на протяжении 1-2-х лет, для выявления тех агроприемов или сортов растений, которые необходимо изучать в последующем:**

- 1) Краткосрочные    2) Разведывательные.    3) Многолетние.

**69. Опыты, проводимые в течение 3-10 лет, используемые для написания дипломных и диссертационных работ:**

- 1) Разведывательные.    2) Краткосрочные.    3) Многолетние.

**70. Опыты, проводимые в течение 11-50 лет, в научно-исследовательских учреждениях или высших учебных заведениях на специально выделенных участках (стационарах):**

- 1) Краткосрочные.    2) Длительные.    3) Многолетние.

**71. Опыты, проводимые более 50 лет в отдельных институтах или почвенно-климатических зонах:**

1. Многолетние.    2. Длительные.    3) Разведывательные

**72. Опыты, проводимые в различных почвенно-климатических зонах по единой методике, разработанной научно-координационным центром:**

- 1) Географические.    2) Агротехнические.    3) Многофакторные.

**73. Опыты, проводимые в различных географических зонах по методике, созданной отдельным исследователем:**

- 1) Географические.    2) Единичные.    3) Однофакторные.

**74. При проведении данных опытов изучают одновременно несколько факторов:**

- 1) Однофакторные.      2) Многофакторные.      3) Массовые.

**75. Опыты, дающие объективную оценку действия различных факторов жизни, условий, приемов возделывания или их сочетаний на урожай сельскохозяйственных культур и его качества:**

- 1) По сортоиспытанию.  
2) Агротехнические.  
3) Массовые.

**76. Опыты по изучению оценки сортов и гибридов сельскохозяйственных культур:**

Агротехнические.

- 1) Единичные.  
2) По сортоиспытанию.

**77. Заключительный этап селекционного процесса, после которого наиболее удачные сорта, гибриды, линии получают официальное признание:**

- 1) Станционное сортоиспытание.  
2) Конкурсное сортоиспытание.  
3) Государственное сортоиспытание.

**78. Чередование вариантов на опытных делянках в зависимости от задач и конкретных условий внешней среды:**

- 1) Опыт.      2) Метод размещения.      3) Вариант.

**79. Метод размещения вариантов в последовательности, записанной в схеме опыта:**

- 1) Систематический.      2) Стандартный.      3) Случайный.

**80. Метод, при котором возле каждого варианта (сорта) размещается контрольный (стандартный) вариант (сорт):**

- 1) Последовательный.      2) Случайный.      3) Стандартный.

**81. Метод, в котором место вариантов определяют по таблице случайных чисел или жребию:**

- 1) Стандартный.
- 2) Рендомизированный.
- 3) Систематический.

**82. Варианты в опыте размещены:**

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

- 1) Систематическим методом
- 2) Методом рендомизированного повторения.
- 3) Методом латинского прямоугольника.

**83. Варианты в опыте размещены:**

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

- 1) Систематически многоярусно
- 2) Методом латинского квадрата
- 3) Методом полной рендомизации

**84. 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

- 1) Методом рендомизированного повторения
- 2) Последовательным методом
- 3) Методом латинского прямоугольника

**85. Варианты в опыте размещены:**

I						II							
A1			A2			A1			A2				
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>		
A2			A1			A2			A <sub>1</sub> III			IV	
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>		

- 1) Методом латинского прямоугольника.
- 2) Стандартно.
- 3) Методом расщепленных делянок.

**86. Варианты в опыте размещены:**

A1						A2					
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>	

- 1) Методом расщепленных делянок
- 2) Методом полной рендомизации
- 3) Дактиль-метод

**87. Варианты в опыте размещены:**

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

- 1) Ямб-методом
- 2) Парным методом.
- 3) Многоярусно.

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

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

**88. Варианты в опыте размещены:**

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

- 1) Методом полной рендомизации
- 2) Дактиль-методом
- 3) Одноярусно последовательно

**89. 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				

- 1) Последовательно  
двурядно
- 2) Методом латинского  
прямоугольника
- 3) Ямб-методом

**90. Варианты в опыте размещены:**

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

- 1) Методом рендомизированного повторения
- 2) Систематически однорядно
- 3) Стандартным методом

**91. 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

- 1) Методом латинского  
квадрата
- 2) Случайным методом
- 3) Систематически много-  
ярусно

**92. Варианты в опыте размещены:**

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

- 1) Методом полной рендо-  
мизации
- 2) Систематически
- 3) Многоярусно

## ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ (ЭКЗАМЕНУ)

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 окривой 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 учету в опыте и общие принципы планирования.
29. Фенологические наблюдения и учет густоты стояния посевов.
30. Учет высоты и облиственности растений.
31. Интенсивность нарастания растительной массы и чистой продуктивности фотосинтеза.
32. Учет засоренности посевов: глазомерный, количественный, количественно-весовой.
33. Статистические характеристики количественной и качественной изменчивости.
34. Дисперсионный анализ. Сущность и основы метода.
35. Значение корреляционного и регрессионного анализов в опытной работе.
36. Корреляционный анализ.
37. Регрессионный анализ.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерявицкий, Н.Ф. Опытное дело в растениеводстве. – Кишинев: Штиница, 1962. – 616 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. – Стереотипное издание. Перепечатка с 5-го изд., доп. и перераб., 1985 г. – М.: Альянс, 2014. – 351 с., ил.
3. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – вып.2. – М.: Колос, 1989.- 194 с.
4. Методика полевого опыта/Под ред. П.Г. Найдина. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 319 с.
5. Методика полевых и вегетационных опытов с удобрениями и гербицидами. – М.: Наука, 1967. – 184 с.
6. Моисейченко, В.Ф. основы научных исследований в агрономии / В.Ф. Моисейченко, М.В. Трифонова, А.Х. Заврюха и др., - М.: Колос, 1996. – 336 с. Молостов, А.С.
7. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1965. – 239 с. Опытное дело в полеводстве/Под ред. Г.Ф. Никитенко. – М.: Рос-сельхозиздат, 1982. – 192 с.
8. 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.
9. Юдин, Ф.А. Методика агрохимических исследований. – 2 изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1980.- 366 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1  
Задания к занятию «Группировка и статистическая обработка данных  
при количественной изменчивости»

*Шифр задания к работе*

№ задания	Номера колонок	№ задания	Номера колонок	№ задания	Номера колонок
1	1 2 3 4 5	11	5 6 7 8 9 10	21	1 2 3 4 5 6 7
2	2 3 4 5 6 8	12	1 4 5 6 7 9	22	1 2 3 4 8
3	3 4 5 6 7	13	2 5 6 7 8 10	23	1 2 3 6 8 10
4	4 5 6 8 9	14	3 6 7 8 9 10	24	1 2 3 4 9
5	5 6 7 8 9	15	4 7 8 9 10	25	1 2 3 4 7 10
6	1 3 6 7 8 9	16	1 5 6 7 8 10	26	2 3 4 5 7 9
7	1 3 4 5 6 9	17	2 6 7 8 9	27	3 5 7 8 9 10
8	2 4 5 6 7 9	18	3 7 8 9 10	28	5 6 8 9 10
9	2 3 5 6 7 8	19	1 2 6 7 8 9	29	1 3 4 5 7 9
10	4 6 7 8 9 10	20	2 7 8 9 10	30	1 2 4 5 7 8 9

Пример 1. Масса клубней картофеля, г(значение признака по колонкам)

1	2	3	4	5	6	7	7	8	10
70	16	150	11	35	34	84	24	69	61
64	112	86	34	65	76	69	54	135	120
135	68	49	85	35	132	76	65	74	59
76	56	35	75	84	66	85	45	96	67
83	42	120	63	134	84	112	95	35	83
22	109	83	102	142	65	98	74	64	79
75	94	89	99	76	45	78	122	144	44
60	67	125	83	145	111	86	76	92	76
145	98	76	65	59	112	56	110	89	165
85	75	45	150	70	46	56	36	88	126

Пример 2. Длина колоса ярового ячменя, см(значение признака по колонкам)

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

## Приложение 2

### Задания к занятию

#### «Определение характера территориального варьирования плодородия почв земельных участков»

Перед закладкой опыта на земельном участке (1 га) провели рекогносцировочный посев ячменя с последующим дробным учетом урожая на 200 делянках по 50 м<sup>2</sup>, ц/га

Номер делянки	Номер полосы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	32	19	19	20	32	35	20	30	22
2	27	31	19	20	26	32	34	30	28	20
3	26	31	20	21	25	31	30	19	27	20
4	27	31	21	23	23	31	34	26	26	17
5	24	30	21	21	27	31	27	29	25	16
6	24	31	23	22	25	30	31	25	27	25
7	27	31	23	22	25	29	29	20	27	24
8	29	30	23	23	26	29	28	23	25	24
9	32	30	24	23	26	28	25	22	24	23
10	29	27	25	21	28	27	23	24	23	22
11	24	29	25	23	21	27	32	28	32	27
12	22	27	26	23	23	27	28	23	30	22
13	26	27	26	24	25	26	26	26	29	27
14	29	27	27	24	26	26	23	24	28	21
15	31	27	27	28	27	26	25	27	27	25
16	22	25	28	25	21	25	29	26	28	28
17	23	25	29	25	22	25	26	25	24	25
18	25	26	29	26	24	24	27	24	26	24
19	28	26	31	27	24	23	23	22	28	21
20	27	26	31	24	25	20	25	23	22	22

## Задания к занятию «Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта»

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

Вари- ант	По- втор- ность	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	15	42	21,2	33,8	21,4	19,1	40,0	253	191	2,5	15,6	43	27

## Приложение 4

Задания к занятию «Корреляционный и регрессионный анализ»

Масса зерен ячменя (х, г) и содержание жира в зерне (у, %)

Задание 1		Задание 2		Задание 3		Задание 4		Задание 5	
у	х	у	х	у	х	у	х	у	х
1,2	11,0	2,1	13,5	1,1	10,5	1,1	12,0	1,0	10,7
5,1	19,9	1,0	10,8	5,0	19,8	5,1	21,9	3,1	16,7
2,3	15,9	2,3	15,6	2,4	15,0	1,2	11,0	1,6	14,0
3,1	16,3	3,6	17,6	3,3	19,6	2,2	16,9	2,0	17,1
0,9	10,2	4,1	18,4	2,8	16,7	4,3	19,4	5,2	25,3
4,1	21,4	2,7	16,0	3,0	18,3	2,2	17,3	4,1	20,4
2,1	15,8	4,7	21,0	2,2	16,8	3,1	18,8	2,1	15,4
4,2	21,6	5,2	24,9	1,7	13,5	2,2	15,9	4,1	23,1
1,1	12,3	1,0	10,5	2,5	15,7	2,1	16,0	3,1	18,9
3,4	17,3	2,8	17,2	3,3	19,0	2,9	18,9	2,7	18,6

Масса плодов томатов (х, г) и содержание сахаров в плодах (у, %)

Задание 6		Задание 7		Задание 8		Задание 9		Задание 10	
у	х	у	х	у	х	у	х	у	х
1,3	16	1,3	15	2,0	55	2,3	76	1,3	16
2,1	66	2,1	70	4,5	216	1,2	10	3,2	141
1,7	41	3,0	120	1,2	15	1,7	45	2,4	92
2,9	116	1,8	42	2,9	115	4,2	200	4,5	217
2,5	98	2,5	95	2,4	90	3,8	152	4,1	190
3,3	152	3,3	165	3,6	175	3,9	175	2,8	110
4,5	213	4,6	225	4,5	231	2,2	120	2,2	85
4,2	198	4,0	195	2,4	89	2,3	96	1,8	45
3,6	178	3,5	105	2,5	104	2,9	98	2,3	89

Зависимость урожайности моркови(у,т/га) от зараженности фузариозом(х,%)

Задание 11		Задание 12		Задание 13		Задание 14		Задание 15	
у	х	у	х	у	х	у	х	у	х
52,1	23	48,3	35	49,3	21	48,7	22	54,1	9
50,3	25	52,6	21	50,1	26	52,2	23	52,0	20
52,1	22	53,6	95	42,4	53	52,5	16	52,2	29
48,5	40	42,7	55	45,5	46	47,1	37	49,0	36
45,0	38	47,1	39	53,3	10	42,0	58	52,7	45
47,0	42	38,6	61	51,3	18	51,0	26	53,5	36
48,7	36	42,3	58	39,2	60	53,5	34	44,8	51
49,9	43	54,3	11	54,2	14	46,2	56	50,5	42
48,1	61	47,0	44	45,8	53	41,0	55	58,8	12
46,0	53	41,0	50	47,5	37	43,6	57	40,2	60

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



## Продолжение прил.5

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	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
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

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

Костоева Лиза Юсуповна,  
Леймоева Аза Юсуповна  
Дзауров Амиран Адамович

## **ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АГРОНОМИИ**

### **Практикум**

для бакалавров по направлениям подготовки  
35.03.04 Агрономия,  
35.03.07 Технология производства и  
переработки сельскохозяйственной продукции

Компьютерная верстка \_\_\_\_\_

Корректор \_\_\_\_\_

Сдано в набор 24.02.2025. Подписано в печать 24.02.2025.

Формат 60х84/16. Бумага офисная.

Гарнитура «Times». Печать ризографическая.

Усл. печ. л. 5,5. Тираж – 30 экз.

Отпечатано в типографии ИнгГУ  
386001, РИ, г. Магас, пр-кт И. Б. Зязикова, 7.  
E-mail: rio@inggu.ru