

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

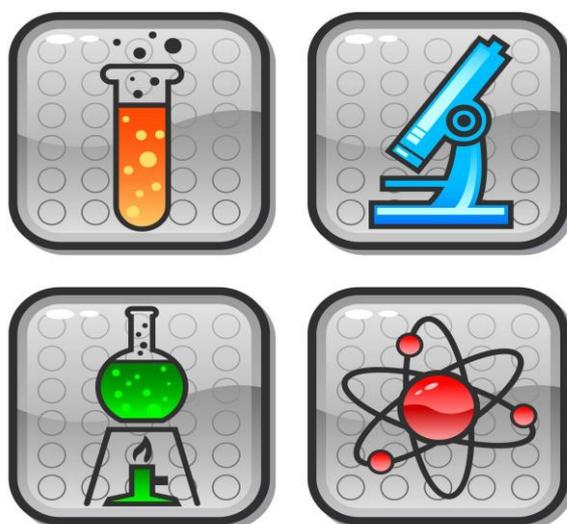
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И АГРОБИЗНЕСА

КАФЕДРА ОБЩЕГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ, ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА,  
ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

# ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учебно-методическое пособие для проведения  
лабораторно-практических занятий со студентами  
направления **35.03.07** Технология производства  
и переработки сельскохозяйственной продукции,  
профиль *Технология производства и переработки  
продукции растениеводства*

(очной формы обучения)



Брянская область  
2017

УДК 633:664(076)  
ББК 41/42  
М 48

Мельникова О.В. **Основы научных исследований**: учебно-методическое пособие для проведения лабораторно-практических занятий со студентами направления 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции, профиль *Технология производства и переработки продукции растениеводства (очной формы обучения)*. / О.В. Мельникова. - Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2017. - 65 с.

В учебно-методическом пособии даны основные методы агрономических и зоотехнических исследований; этапы планирования эксперимента; правила составления программы наблюдений и учетов; методику закладки и проведения опытов в агрономии и зоотехнии, методику учета урожая сельскохозяйственных культур в опыте, порядок ведения документации и отчетности; статистические методы проверки гипотез, сущность и основы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов и их применение в агрономических и зоотехнических исследованиях; применение компьютерных программ в опытном деле.

Пособие позволит студентам освоить технику математической обработки экспериментальных данных и закрепить лекционный материал.

Предназначено для проведения лабораторно-практических занятий со студентами бакалаврской подготовки направления 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции, профиль Технология производства и переработки продукции растениеводства.

**Рецензент:** доктор с.-х. наук, профессор Дронов А.В.

Одобрено на заседании кафедры Общего земледелия, технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства, протокол №4 от 10 января 2017 г.

*Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией Института экономики и агробизнеса ФГБОУ ВО Брянского ГАУ, протокол №3 от 31 января 2017 г.*

© Брянский ГАУ, 2017  
© Мельникова О.В., 2017

## **ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Формирование знаний и умений по методам агрономических исследований, планированию, технике, закладке и проведению эксперимента, а также применению статистических методов анализа полученных результатов исследований.

### **Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по земледелию с основами почвоведения и агрохимии, производству продукции растениеводства.

### **Задачи дисциплины:**

- изучить основные понятия, классификацию и сущность методов исследования по агрономии и зоотехнии;
- овладеть знаниями и навыками планирования экспериментов, наблюдений и учета результатов в экспериментах по агрономии и зоотехнии;
- овладеть техникой проведения зоотехнических экспериментов и закладки опытов в агрономии (выбора, подготовки земельного участка; организации полевых работ на опытном участке; отбора почвенных и растительных образцов; оценки качества урожая), оформления научной документации;
- изучить особенности применения статистических методов анализа результатов экспериментов;
- овладеть навыками и знаниями по организации и проведению научно-производственных и производственных опытов.

Учебно-методическое пособие «Основы научных исследований» разработано в соответствии с компетентностными требованиями **ФГОС ВО** по направлению **35.03.07** Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции (уровень высшего образования Бакалавриат), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от «12» ноября 2015 г., №1330.

**КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ  
В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ  
«Основы научных исследований»**

**ПК-20**: *Способность применять современные методы научных исследований в области производства и переработки сельскохозяйственной продукции.*

**Знать**: классификацию современных методов научных исследований в агрономии.

**Уметь**: применять современные методы научных исследований в агрономии согласно утвержденным программам.

**Владеть**: методом полевого эксперимента и лабораторных научных исследований в агрономии согласно утвержденным программам.

**ПК-23**: *Способность к обобщению и статистической обработке результатов экспериментов, формулированию выводов и предложений.*

**Знать**: методику статистической обработки результатов опытов, оценки достоверности существенных различий между опытным и контрольным вариантом опыта по критерию Стьюдента, Фишера.

**Уметь**: анализировать и обобщать результаты статистической обработки результатов исследований, формулировать выводы и предложения производству.

**Владеть**: методами статистической обработки результатов опытов и оценки достоверности существенных различий между опытным и контрольным вариантом опыта по критерию Стьюдента, Фишера.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Основная литература:*

1. Кирюшин Б.Д., Усманов Б.Д., Васильев И.П. Основы научных исследований в агрономии. М.: КолосС, 2009. 398 с.
2. Глуховцев В.В., Кириченко В.Г., Зудилин С.Н. Практикум по основам научных исследований в агрономии. М.: Колос, 2006. 240 с.
- 3 Викторов П.И., Менькин В.К. Методика и организация зоотехнических опытов. - М.: Агропромиздат, 1991. 112 с.

### *Дополнительная литература:*

1. Кирюшин Б.Д. Учебное пособие. Методика научной агрономии. Часть 1, Введение в опытное дело и статистическую оценку. М. МСХА, 2004, 167 с.
2. Кирюшин Б.Д. Учебное пособие. Методика научной агрономии. Часть 2, Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. М. МСХА, 2005, 199 с.
3. Методы исследований питания сельскохозяйственных животных / Под редакцией акад. РАСХН Б.Д. Кальницкого.- Боровск, 1998.- 405 с.

### *Источники электронно-библиотечных систем (ЭБС)*

1. Мельникова, О.В. Тестовые задания по дисциплине «Основы научных исследований в агрономии»: учебное пособие для самостоятельной работы студентов [Электронный ресурс] портал Брянского ГАУ, научная библиотека, полнотекстовые документы. -Брянск: Издательство БГСХА, 2014 г. - 36 с. — Режим доступа: <http://www.bgsha.com>.
2. Попов В.Д., Скуратов В.Б. Влияние ресурсного потенциала научных исследований на их результаты [Электронный ресурс] журнал / Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. - 2005. -№77. - с. 48-53. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com>.

## *Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"*

В процессе обучения студентами могут быть использованы ресурсы электронно-библиотечных систем, имеющих в свободном доступе библиотеки Брянского ГАУ: ЭБС «Лань» (<http://e.lanbook.com>), национальный цифровой ресурс ЭБС «Руконт» - межотраслевая электронная библиотека на базе технологии «контекстум», лицензионная библиотека современной учебной и научной литературы «**BOOK.ru**», ресурсы научной электронной библиотеки «**elibrary**» (<http://elibrary.ru>), которые содержат учебные и научные издания ведущих вузов России. Обучающимся также доступны полнотекстовые источники ученых и преподавателей ВУЗа, включенные в электронную библиотеку Брянского ГАУ (электронный ресурс доступен на портале Брянского ГАУ, научная библиотека, полнотекстовые документы, режим доступа: <http://www.bgsha.com>).

## *Перечень программного обеспечения*

При освоении дисциплины «Основы научных исследований», с целью статистической обработки данных, оформления и презентации полученных результатов студенты используют лицензионные программные продукты: **Microsoft Office Word 2010, Microsoft Office Excel 2010, Microsoft Office PowerPoint 2010.**

## *Материально-техническое обеспечение дисциплины*

- Лаборатория основ научных исследований 413, основное оборудование: компьютеры (3 шт.);
- Компьютерный класс АЭИ ауд. 311, основное оборудование: компьютеры (12 шт.), мультимедийное оборудование.

***Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:***

Для нахождения информации, размещенной в Интернете, помимо общепринятых «поисковиков» Rambler, Yandex, GOOGLE можно рекомендовать:

***Специальные информационно-поисковые системы:***

GOOGLE Scholar – поисковая система по научной литературе,

ГЛОБОС – для прикладных научных исследований,

Science Tehnology – научная поисковая система,

AGRIS – международная информационная система по сельскому хозяйству и смежным с ним отраслям,

AGRO-PROM.RU – информационный портал по сельскому хозяйству и аграрной науке

Math Search – специальная поисковая система по статистической обработке.

***Базы данных:***

Agro Web России – БД для сбора и представления информации по сельскохозяйственным учреждениям и научным учреждениям аграрного профиля,

БД AGRICOLA – международная база данных на сайте Центральной научной сельскохозяйственной библиотеки РАСХН,

БД «AGROS» – крупнейшая документографическая база данных по проблемам АПК, охватывает все научные публикации (книги, брошюры, авторефераты, диссертации, труды сельскохозяйственных научных учреждений)

«Агроакадемсеть» – базы данных РАСХН.

## БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

- $\mu$  – средняя генеральной совокупности;
- $X$  – значение варьирующего признака;
- $\bar{x}$  – средняя арифметическая;
- $\Sigma$  – арифметическая сумма;
- $S^2$  – дисперсия, средний квадрат;
- $S$  – стандартное отклонение, среднее квадратическое отклонение;
- $V$  – коэффициент вариации, изменчивости;
- $S_{\bar{x}}$  – ошибка средней арифметической;
- $S_{\bar{x}\%}$  – относительная ошибка средней арифметической;
- $d$  – разность между средними арифметическими;
- $S_d$  – ошибка разности между средними арифметическими;
- $H_0$  – нулевая гипотеза;
- $t_{\text{факт.}}$  – критерий Стьюдента фактический (расчетный);
- $P$  – уровень вероятности (значимости);
- $t_{0,05}, t_{0,01}$  – теоретические значения критериев Стьюдента для уровней вероятности  $P_{0,05}$  и  $P_{0,01}$ ;
- $F_{\text{факт.}}$  – критерий Фишера фактический (расчетный);
- $F_{0,05}, F_{0,01}$  – критерии Фишера теоретические для уровней вероятности  $P_{0,05}$  и  $P_{0,01}$ ;
- $HCP_{0,05}, HCP_{0,01}$  – наименьшие существенные разности для уровней вероятности  $P_{0,05}$  и  $P_{0,01}$ ;
- $l$  – число вариантов;
- $n$  – число повторностей, объем выборки;
- $N$  – число делянок в опыте, общее число наблюдений;
- $\nu$  – число степеней свободы;
- $C$  – корректирующий фактор (поправка);
- $C_y, C_p, C_v, C_z$  – суммы квадратов рассеиваний: общего, повторений, вариантов, остатка (ошибки);
- $r$  – коэффициент линейной корреляции;
- $S_r$  – ошибка коэффициента линейной корреляции;
- $R_{yx}$  – коэффициент регрессии  $Y$  по  $X$ ;
- $S_R$  – ошибка коэффициента регрессии;
- $cov$  – ковариация.

## Тема 1. ОСНОВЫ НАУЧНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОПЫТОВ ПО ЗООТЕХНИИ

Научные исследования в области сельского хозяйства (агронимические и зоотехнические) являются весьма сложным и трудоемким делом. Они связаны с исследованиями на живых организмах и требуют большого объема предварительной информации, сложных теоретических построений, применяющих теорию вероятностей, биохимические и физиологические законы и т.д., а также много проверочных и поисковых экспериментов.

Зоотехния - это наука об эволюции и использовании сельскохозяйственных животных. Она изучает способы и приемы совершенствования сельскохозяйственных животных в филогенезе и онтогенезе под воздействием человеческого труда, а также рационального использования животных.

**Основными методами** современных биологических исследований, в том числе зоотехнических, являются: наблюдение, обследование, историческое сравнение и экспериментальный метод.

**Наблюдение** - систематическое, целенаправленное исследование объекта животных, явлений в том виде, в каком они существуют в природе и являются доступными восприятию человека. От простого восприятия наблюдение отличается активностью и целью. Научное наблюдение включает в себя выбор объекта, цель, описание, вывод.

**Обследование** - наблюдение и описание явления с помощью органолептических приемов, различных аппаратов и приборов в естественной для объекта исследования обстановке. При обследовании часто измеряют те или иные зоотехнические величины. Значение измеряемых величин возрастает, если их измеряют в динамике.

**Историческое сравнение** - метод, при котором изучаются и сопоставляются материалы, характеризующие в разное время животных Стада, породы, популяции.

Эксперимент - это вид практики и вместе с тем один из методов научного исследования. В отличие от простого наблюдения он является активным методом познания, поскольку исследователь практически воздействует на предмет исследования. Огромное значение эксперимента состоит еще и в том, что он является средством внедрения в производство новых достижений науки.

Зоотехнические эксперименты (опыты) делятся на научно-хозяйственные,

физиологические и производственные.

**Научно-хозяйственный опыт** проводится в обстановке, типичной для того животноводческого производства, запросы которого удовлетворяются постановкой опыта. В нем изучается действие фактора на хозяйственно полезные качества животного, в которых суммируется все многообразие изменений организма - продуктивность, поведение, здоровье и др. Эти качества очень изменчивы под действием условий жизни и внутренних факторов животного. Большая вариабельность их обуславливает необходимость увеличения минимума числа животных под опытом.

**Физиологический опыт** проводится в строго регламентированных условиях, в той или иной мере отдаленных от хозяйственной обстановки, на фоне научно-хозяйственного опыта или отдельно. В нем изучаются ограниченные стороны деятельности организма в статике и динамике - показатели переваримости корма, обмена веществ и энергии, гематологические показатели секреторной и двигательной функций отделов пищеварительного тракта и др.

Методы постановки научно-хозяйственных и физиологических опытов основаны на равенстве и сходстве всех факторов опыта между группами или периодами, за исключением изучаемого.

По своему существу *зоотехнические опыты являются сравнительными*. В них сравниваются действия разных факторов на одних и тех же или сходных (аналогичных) животных или действие одного и того же фактора на разных животных, различающихся по виду, породе, полу, возрасту, продуктивности или физиологическому состоянию. Во всех исследованиях один из вариантов сравнения (группа животных или рацион) принимается за эталон или контроль, а другие - за испытуемые.

**Производственный эксперимент** имеет следующие особенности:

Исследование объекта проводится в сложившейся технологии производства с целью проверки результатов научно-хозяйственных опытов.

В основе познания лежит трудовое действие на объект, которое может повторяться многократно в тех вариациях условий жизни животных, которые складываются в производстве в данное время или были в истории его развития:

- длительный опыт, продолжающийся иногда десятки лет;
- большой охват числа животных, что недоступно научному эксперименту;
- включение в опыт иногда нескольких крупных хозяйств, находящихся в различных природно-климатических зонах;

В процессе опыта познание ведется не только для накопления знаний: на первом плане стоит проверка и внедрение научных достижений в данное производство.

Производственный опыт дает возможность как зооинженеру, так и научному работнику совершенствовать производство продуктов животноводства, находить пути повышения продуктивности животных.

## **Тема 2. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗООТЕХНИЧЕСКИХ ОПЫТОВ**

*Выбор схемы проведения опыта на животных* зависит от цели эксперимента и количества животных, имеющихся в распоряжении исследователя. При проведении опытов необходимо правильно формировать группы животных, которые должны быть аналогичны по полу, возрасту, живой массе, физиологическому состоянию. В экспериментах, связанных с изучением вопросов разведения и генетики, следует учитывать происхождение.

*Метод однойцовых двоен* является наиболее точным, так как в опыте используются животные с одинаковой наследственностью. Он дает возможность проводить эксперименты на небольшом поголовье животных (3-4 головы) в каждой группе. Этот метод чаще всего используется при проведении опытов на крупном рогатом скоте, овцах и козах.

Преимущество метода однойцовых двоен состоит в том, что в контрольной и опытной группах находятся пары животных одного пола, происхождения, типа телосложения, одной массы. Использование этого метода в экспериментальной работе дает возможность исследователю получать более объективные результаты по реакции животных на изучаемые факторы за счет большей однородности между группами.

Недостатком этого метода является то, что часто в практических условиях трудно подобрать группы однойцовых двоен одинакового возраста и пола. Кроме того, при использовании метода однойцовых двоен можно сформировать только две группы животных и, следовательно, изучить в эксперименте только один фактор. Когда в одной из групп по какой-либо причине выбывает животное, то необходимо исключить из опыта сверстника из другой группы.

*Метод пар-аналогов* является основным и наиболее широко распространенным в зоотехнических исследованиях. Этот метод может дать хорошие ре-

зультаты только в том случае, если группы будут сформированы на основании объективных данных по каждому животному.

При подборе животных-аналогов учитывают породу, пол, возраст, живую массу, происхождение, физиологическое состояние (период лактации, беременности), продуктивность (прирост живой массы, годовой и суточный удои, процент жира в молоке, яйценоскость, настриг шерсти и др.). В ряде случаев необходимо учитывать аппетит животных, скорость поедания кормов, скорость молокоотдачи и т.д. Животные-аналоги в разных группах должны иметь максимальное сходство, а внутри группы допускаются некоторые различия.

Важнейшее требование при проведении опыта методом пар-аналогов - максимальная аналогичность подопытных групп. Правильно сформированные группы не должны иметь статистически достоверных различий между собой.

**Метод сбалансированных групп** в научно-исследовательской работе применяют, когда использовать метод пар-аналогов не представляется возможным из-за недостаточного поголовья животных и его неоднородности. Сущность его заключается в подборе групп животных, относительно равноценных по основным средним показателям.

Метод сбалансированных групп обычно используют при постановке опытов на взрослых животных и при изучении вопросов, не связанных с глубокими физиологическими и биохимическими исследованиями.

**Метод министада** (миниатюрного стада), предложенный академиком А.П. Дмитроченко и его сотрудниками, используется преимущественно при проведении опыта на взрослом крупном рогатом скоте и лошадях, когда нет возможности подобрать животных описанными выше методами. Сущность метода заключается в том, что из общего поголовья скота отбирается группа животных, которая является копией основного стада по возрасту, породности, живой массе, продуктивности и физиологическому состоянию. В зависимости от задач исследований может быть сформировано несколько министад. При этом методе министадо служит опытной группой, а основное - контрольной. Состав животных в министаде обычно разнороден, так как он отражает структуру основного стада.

**Метод интегральных групп** дает возможность получить в одном эксперименте информацию о влиянии нескольких факторов на организм животных.

В исследовательской работе применяют метод интегральных групп с использованием двух - и многофакторных показателей. Использование метода

интегральных групп позволяет изучать сравнительное влияние комплекса факторов на продуктивность и физиологическое состояние животных. В этом случае имеется возможность установить наиболее эффективное влияние соотношения изучаемых факторов на организм животного.

**Принцип групп-периодов** подразделяется на методы: периодов, параллельных групп-периодов, обратного замещения (стандартной и бесконтрольной группы); повторного замещения (двукратный и многократный); латинского квадрата (стандартный и по Лукусу).

**Метод периодов** заключается в том, что опыт проводят на одной группе животных и изучают влияние одного фактора в течение нескольких последовательных периодов. Опыты методом периодов следует проводить на животных, закончивших рост. Молодняк для этих целей непригоден, так как наряду с изучаемым фактором налицо будет влияние изменения возраста животного. Для опыта отбирают здоровых животных одинакового типа. При изучении кормовых факторов животных переводят в течение 15 суток на основной рацион.

В каждом периоде ведут индивидуально по каждому животному учет потребления кормов, молочной продуктивности, содержания жира в молоке и т.д. В период опыта может быть изучена переваримость питательных веществ основного рациона и рациона с использованием изучаемого фактора. О результатах опыта судят, сопоставляя фактическую продуктивность при использовании основного рациона с продуктивностью животных, получавших опытный рацион.

Преимущество этого метода в том, что рационы испытывают на одних и тех же животных, в результате исключается влияние индивидуальных особенностей животных. Метод периодов имеет и недостатки: трудность учета влияния одного рациона на другой, относительно короткие сроки проведения опытов.

**Метод параллельных групп-периодов** применяют для сравнительного изучения одновременно двух или более факторов на соответствующем количестве групп животных. Для проведения опыта формируют аналогичные группы животных. Метод параллельных групп-периодов применяют сравнительно редко и главным образом для постановки краткосрочных опытов по кормлению.

Метод групп-периодов с обратным замещением был предложен профессором Е.А. Богдановым. Он имеет два варианта - стандартный и бесконтрольной группы. Метод групп-периодов с обратным замещением объединяет метод периодов и метод параллельных групп-периодов.

В отдельных опытах используют метод групп-периодов с обратным за-

мещением без контрольной группы. В этом случае по сравнению с стандартным методом необходим заключительный период, т.е. переводят животных в условия, в которых они находились в начале опыта.

Подбор животных в группы осуществляют по методу пар-аналогов или сбалансированных групп.

При использовании метода групп-периодов с обратным замещением без контрольной группы сравнение изучаемых показателей ведется одновременно между группами и по периодам опыта в каждой группе.

Этим методом опыты можно проводить только на взрослых животных.

**Метод повторного замещения** предложен профессором С.С. Еленевским. При проведении опытов методом периодов нередко возникает необходимость для получения достоверных результатов провести повторные эксперименты, что связано с дополнительными затратами сил и средств.

Сущность метода повторного замещения заключается в том, что он совмещает элементы метода групп и метода групп-периодов и его нередко называют комбинированным методом. Он позволяет получать многократные данные в процессе одного эксперимента, что повышает результативность опыта. Чаще всего метод повторного замещения применяют при постановке опытов по кормлению лактирующих коров. Подбор животных для проведения опыта осуществляют методом пар-аналогов или методом сбалансированных групп.

Опыты проводят с учетом сезона года. Например, изучать питательность пастбищной травы можно только в период вегетации растений. Влияние сена, силоса, сенажа или корнеклубнеплодов на молочную продуктивность коров лучше изучать в стойловый период,

В ряде случаев продолжительность опытов в основном периоде может быть увеличена или сокращена. Лучшие результаты, как правило, получают при более продолжительном опытном периоде.

Метод повторного замещения имеет недостатки. Например, при замене одного корма другим на результаты опыта может оказать влияние последствие первого корма, и не всегда можно эквивалентно заменить один корм другим.

**Метод латинского квадрата** имеет недостатки, связанные с тем, что опыты проводятся хотя и на сходных животных, но часто различающихся по происхождению. Метод латинского квадрата является одним из вариантов метода групп-периодов с обратным замещением.

Сущность этого метода состоит в том, что каждый испытуемый фактор

изучается на индивидуальном животном.

При проведении опытов по методу латинского квадрата необходимо учитывать следующие требования:

- количество животных в группе должно быть кратным числу периодов опыта;

- число периодов должно в точности соответствовать количеству изучаемых факторов;

- все животные должны быть сохранены до конца опыта, так как выбытие хотя бы одного из них затруднит математическую обработку результатов.

В научных исследованиях по животноводству значительное количество работ посвящено вопросам селекции и разведения.

Опыты по разведению и селекции животных проводятся с использованием вышеизложенных методов, но имеют свои особенности в части формирования групп. При проведении опытов по пороодоиспытанию, изучению сочетаемости линий, промышленному скрещиванию животных в группы отбирают по средним показателям линии, семейства.

Научное направление является стратегией для достижения целей, поставленных теорией, а тактикой научного направления - методика исследования, т.е. план подготовки и проведения исследований с определенным сочетанием технических устройств, методов, средств наблюдений и комплекса приемов математической обработки результатов наблюдений.

### Тема 3. ОПЫТНОЕ ДЕЛО В АГРОНОМИИ. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

**Опытное дело в агрономии** — это научно-исследовательская работа, основная задача которой — разработка теории и практики повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, качества продукции при минимальных затратах труда и средств.

Научные исследования, эксперименты проводятся как в поле, так и в вегетационных домиках, теплицах, фитотронах, где строго регулируются условия жизни растений.

**Опыт, эксперимент** в агрономии — это искусственное создание различных условий для исследуемых растений с целью выявления наиболее эффективных вариантов в процессе учетов и наблюдений.

**Вариантами** называют те различные условия, при которых выращивают растения в опытах. Вариантами могут быть отдельные агроприемы, элементы технологий и даже разные технологии, набор сортов, различные почвы, склоны. Различия между вариантами должны быть такими, чтобы между растениями можно было найти существенную, статистически доказуемую разницу. Среди многих вариантов опыта один или несколько являются *контрольными*, с ними сравнивают все остальные варианты.

**Контрольный вариант** — это, как правило, условия агротехники, рекомендованные научными учреждениями конкретной зоны для данного хозяйства в период постановки опыта. Такие рекомендованные условия агротехники считаются в хозяйстве лучшими по урожайности и качеству продукции. Так, если под озимую пшеницу дозы вносимого азота составляли 60 кг/га, то среди пяти вариантов (30, 60, 90, 120, 150 кг/га) доза 60 кг/га должна быть контрольной, с ней сравнивают все остальные варианты. В данном опыте эта доза является производственным контролем. Иногда в научных целях используют *абсолютный контроль*: в опытах с дозами удобрений — вариант без удобрений; с пестицидами — вариант без пестицидов; в опытах с орошением — вариант без орошения.

**Схема опыта** — это перечень логично подобранных вариантов с определенными контролями (стандартами), объединенных конкретной темой, идеей. Так, для темы «Изучение предшественников озимой пшеницы» в лесостепной зоне схема опыта (предшественники) может быть такой: 1) черный пар; 2)

многолетние травы; 3) кукуруза на силос; 4) горох; 5) однолетние травы.

**Опытная делянка** в полевых опытах — это земельная площадь прямоугольной формы определенного размера, на которой изучают только один из вариантов опыта — агроприем, технологию, сорт и т.д.

Опытные делянки состоят из учетной части (1), которая находится внутри, и защитной (2 и 3), которая ограничивает ее снаружи (рис. 1).

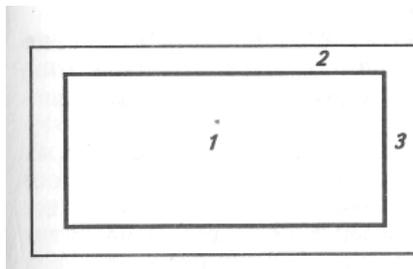


Рис. 1. Схема опытной делянки

**Повторение** — это часть площади опыта с полным набором вариантов согласно схеме опыта. Повторность опыта необходимо соблюдать не только в пространстве, но и во времени.

**Достоверность опыта методическая** — это четкое соблюдение всех методических требований: планирование опыта на современном уровне знаний, правильный выбор условий и объектов исследований, безошибочное закладывание и проведение опытов, правильный выбор и применение соответствующих методов статистической обработки данных, а также объективное обобщение результатов исследований.

**Задание 1.** Пользуясь материалом учебника, запишите требования, предъявляемые к полевому опыту:

Типичность опыта -

---

Принцип единственного различия -

---

Воспроизводимость опыта -

---

Проведение опыта на специально выделенном участке -

---

---

---

Учёт урожая и достоверность опыта по существу -

---

---

---

Тщательное ведение документации -

---

---

---

**Задание 2.** Сформулируйте тему Вашего научного исследования (по плану НИРС) и запишите схему полевого опыта.

Тема научных исследований: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

Обоснование темы и составление рабочей гипотезы:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Схема опыта

- |          |           |
|----------|-----------|
| 1. _____ | 7. _____  |
| 2. _____ | 8. _____  |
| 3. _____ | 9. _____  |
| 4. _____ | 10. _____ |
| 5. _____ | 11. _____ |
| 6. _____ | 12. _____ |

## Тема 4 . РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЛЕВОГО ОПЫТА, СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ЕГО РАЗМЕЩЕНИЯ

**Элементы методики полевого опыта:** число вариантов в схеме опыта, число контролей и их частота, размеры опытных делянок, ширина защитных полос, форма опытных делянок и их ориентация на местности, повторность и повторение в опытах, размещение вариантов, учеты и наблюдения и др.

Для одного и того же опыта можно составить несколько методик, но для работы необходимо выбрать одну, наиболее целесообразную, на все годы проведения данного опыта. Правильный выбор элементов методики опыта — весьма ответственная задача.

**Задание 1.** Пользуясь материалом учебника, опишите методы размещения вариантов в опыте:

1. Систематический метод размещения вариантов (рис. 2) -

---

---

---

---

---

---

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

Рис. 2. Размещение вариантов систематическим методом

2. Рендомизированный метод размещения вариантов (рис. 3) -

---

---

---

---

---

---

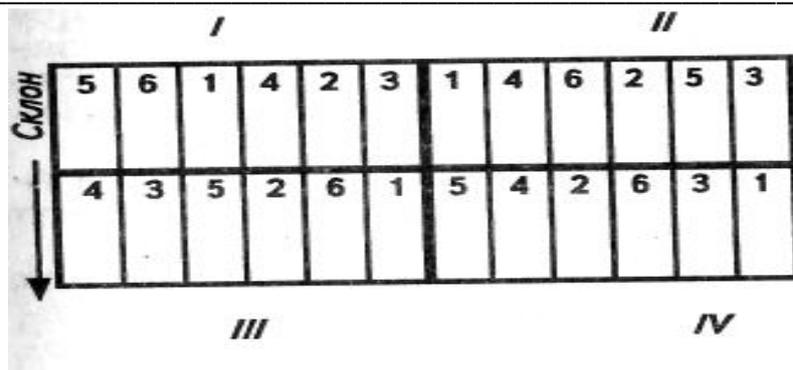


Рис. 3. Размещение вариантов опыта методом рендомизации с организованными повторениями

3. Стандартный метод размещения вариантов –

ямб-метод (рис. 4) -

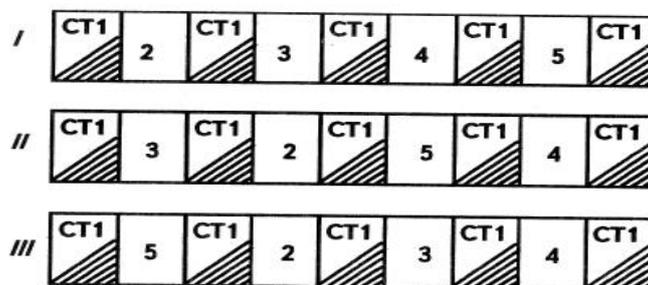


Рис. 4. Размещение вариантов опыта стандартным ямб-методом

дактиль-метод (рис. 5) -

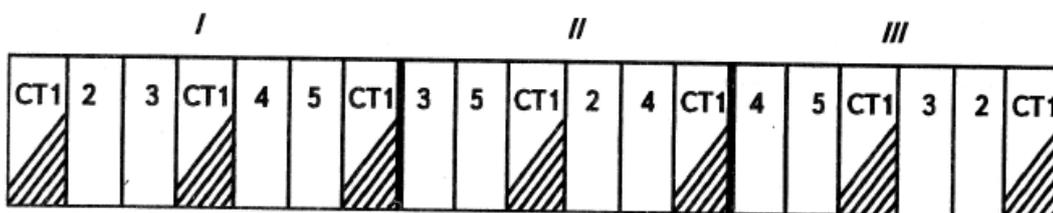


Рис. 5. Размещение вариантов опыта стандартным дактиль-методом

**Задание 2.** Пользуясь материалом учебника, охарактеризуйте следующие виды опытов:

Опыты-пробы -

---

---

---

---

---

---

---

---

Точные сравнительные опыты -

---

---

---

---

---

---

---

---

Демонстрационные опыты -

---

---

---

---

---

---

---

---

Производственные опыты -

---

---

---

---

---

---

---

---

Опыты по учету эффективности новых агроприемов-

---

---

---

---

---

---

---

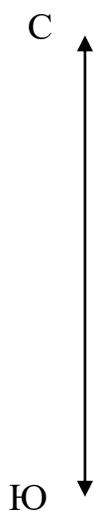
---

**Задание 3.** Установите рациональное сочетание элементов полевого опыта с учетом оптимального размера делянок и представьте схематичный план размещения вариантов методом \_\_\_\_\_ (по заданию преподавателя), если в опыте необходимо изучить 4 варианта с разными дозами удобрений ( $N_0P_0K_0$  – контроль,  $N_{30}P_{30}K_{30}$ ,  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{90}P_{90}K_{90}$ ), Земельный участок, отведенный под опыт (100м x 100 м) имеет уклон  $1^\circ$  с севера на юг.

Решение:

1. Число вариантов в опыте ( $l$ ) –
2. Число повторений в опыте ( $n$ ) –
3. Количество опытных делянок ( $l*n$ ) –
4. Форма делянки (соотношение сторон) –
5. Общая площадь опытной делянки –
6. Учетная площадь опытной делянки –
7. Метод размещения вариантов –

Схематичный план размещения вариантов опыта  
(указать размеры делянок, повторения и разворотные полосы)



## Тема 5. АНАЛИЗ ВАРИАЦИОННЫХ РЯДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ И КАЧЕСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗНАКА

Различают изменчивость *количественную* и *качественную*. Количественно изменяться могут масса урожая, процент сахара, кислот, витаминов, крахмала или белка в урожае, размеры растений, содержание питательных элементов в почве, т.е. все, что имеет массу, размер, объем и т.п.

Ход анализа вариационных рядов количественной изменчивости зависит от объема выборки — малого (< 30 единиц) или большого (> 30 единиц). Как для малых, так и для больших выборок вычисляют следующие основные статистические характеристики: среднюю арифметическую  $\bar{x}$ , дисперсию  $S^2$ , стандартное отклонение  $S$ , ошибку средней арифметической, коэффициент вариации  $V$ , относительную ошибку средней арифметической. В конце анализа дают интервальную оценку средней арифметической.

Примером малых выборок может быть число повторностей, которое чаще всего колеблется от 3 до 6. К малым выборкам относится также число колосков в колосе, клубней картофеля в кусте, семян гороха в бобах и т.п.

Для малых выборок вычисляют такие статистические характеристики: средние арифметические, дисперсии, стандартные отклонения, коэффициенты вариации, ошибки выборочных средних, относительные ошибки и др.

**Задание 1.** Используя учебник, опишите основные статистические показатели:

Средняя арифметическая ( $\bar{x}$ ) -

---

---

Дисперсия ( $S^2$ ) -

---

---

Стандартное отклонение ( $S$ ) -

---

---

Ошибка ( $S_{\bar{x}}$ ) и относительная ошибка ( $S_{\bar{x}}\%$ ) средней арифметической -

---

---

---

Коэффициент вариации ( $V$ ) -

Доверительный интервал для среднего значения -

Уровень значимости ( $P_{05}, P_{01}$ ) -

Число степеней свободы ( $\nu$ ) -

Критерий Стьюдента ( $t$ ) -

Для **больших выборок** статистические характеристики можно вычислять способом произведений, но он трудоемок, особенно при наличии многозначных чисел и очень большом объеме выборки. Более удобен способ условной средней, т. е. от произвольного начала  $A$ . При этом способе все данные ранжируют, выделяют группы с определенным интервалом, определяют частоту  $f$ , т.е. число членов в каждой группе вариационного ряда.

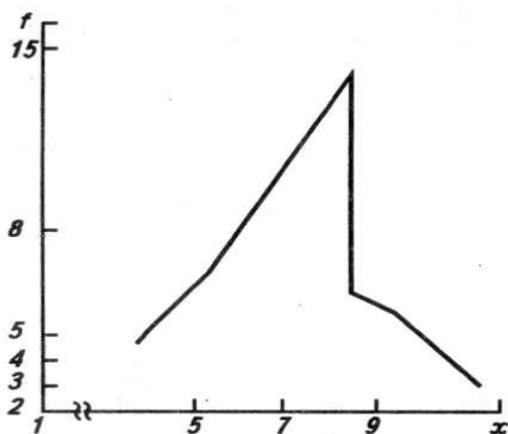


Рис. 6. Графическое изображение вариационного ряда:  
 $x$  - значение варьирующего показателя,  
 $f$  - частота признака

**Вариационный ряд** — ряд ранжированных чисел, для которых указаны значения варьирующего признака и соответствующие им частоты (т.е. сколько раз повторяется тот или иной признак).

Если на графике кривая вариационного ряда имеет одну вершину (рис. 6), то это свидетельствует об **однородности выборки** и наоборот.

**Задание 2.** Сгруппируйте данные, полученные в результате наблюдений, определите статистические показатели вариационного ряда и начертите кривую распределения, если техническая длина стебля льна (для 40 растений) составила (в см):

70,0 67,0 100,4 103,4 69,0 72,4 74,4 66,1 67,3 52,0  
 79,1 78,0 83,9 92,2 93,2 81,3 82,0 86,4 89,1 93,5  
 77,0 76,1 88,1 89,7 94,1 82,0 80,1 81,0 77,0 80,0  
 92,1 91,5 76,7 79,0 73,5 84,4 79,7 84,0 79,6 84,1

Решение:

Ранжируем вариационный ряд чисел: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Число классов (групп)  $K = \sqrt{n} =$

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

Расчетная таблица  
 (при  $\max f$  условное значение средней  $A =$  )

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

Произвольный момент  $b = \sum f(X-A)/n =$  \_\_\_\_\_

Средняя арифметическая  $\bar{x} = A + b =$  \_\_\_\_\_

Корректирующий фактор (поправка)  $C = [\sum f(X-A)]^2/n =$  \_\_\_\_\_

Дисперсия  $S^2 = \frac{\sum f(X - A)^2 - C}{n - 1} =$  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Стандартное отклонение  $S = \sqrt{S^2} =$  \_\_\_\_\_

Коэффициент вариации  $V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\% =$  \_\_\_\_\_

Ошибка выборочной средней  $S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$  \_\_\_\_\_

Интервальная оценка средней арифметической:  $\bar{x} \pm t_{05} S_{\bar{x}} =$  \_\_\_\_\_

### Графическое изображение вариационного ряда



Вывод:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Тема 6. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫБОРКИ ПРИ КАЧЕСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

При качественной изменчивости в выборке имеется одна из двух возможностей (альтернатив) — данный признак либо есть, либо отсутствует. Таковую изменчивость называют *альтернативной*.

В опытах с качественной изменчивостью вместо измерения какого-либо показателя подсчитывают число объектов с тем или иным признаком. Примеры качественной изменчивости: число поврежденных и здоровых растений, число подмерзших растений, число испортившихся и здоровых клубней картофеля в хранилище и т.п.

Для анализа качественной изменчивости вычисляют следующие статистические характеристики: долю наличия признака  $p$ , долю отсутствия признака  $q$ , показатель изменчивости качественного признака  $S$ , коэффициент вариации  $V_p$ , ошибку выборочной доли  $S_p$ . Общий объем выборки обозначают буквой  $N$ , а число объектов с данным признаком -  $n$ .

**Задание 1.** Опишите статистические показатели качественной изменчивости признака:

Доля наличия признака ( $p$ ) -

---

---

---

---

Доля отсутствия признака ( $q$ ) -

---

---

---

---

Изменчивость качественного признака ( $S$ ) -

---

---

---

---

Максимальная изменчивость ( $S_{max}$ ) -

---

---

---

---

Коэффициент вариации (V) -

---

---

---

Ошибка выборочной доли ( $S_p$ ) -

---

---

Интервальная оценка выборочной доли -

---

---

**Задание 2.** Вычислите статистические показатели качественной изменчивости, если в выборке из 130 клубней картофеля сорта Темп паршой поражено 30 клубней, а в выборке из 100 клубней сорта Пригожий –поражено паршой - 20 клубней. Определите доверительный интервал для доли признака в совокупности, сделайте вывод.

Решение:

1-я выборка (сорт Темп)	2-я выборка (сорт Пригожий)
$n_1$ (больные клубни) = _____	$n_1$ (больные клубни) = _____
$n_2$ (здоровые клубни) = _____	$n_2$ (здоровые клубни) = _____
$N_1 = n_1 + n_2 =$ _____	$N_2 = n_1 + n_2 =$ _____
$p_1 = n_1 : N_1 =$ _____	$p_2 = n_1 : N_2 =$ _____
$q_1 = 1 - p_1 =$ _____	$q_2 = 1 - p_2 =$ _____
$S_1 = \sqrt{p_1 q_1} =$ _____	$S_2 = \sqrt{p_2 q_2} =$ _____
$Sp_1 = \sqrt{\frac{p_1 q_1}{N_1}} =$ _____	$Sp_2 = \sqrt{\frac{p_2 q_2}{N_2}} =$ _____
$Vp_1 = \frac{S_1}{S_{\max}} \cdot 100\% =$ _____	$Vp_2 = \frac{S_2}{S_{\max}} \cdot 100\% =$ _____
$P_1 \pm t_{05} \cdot Sp_1 =$ _____	$P_2 \pm t_{05} \cdot Sp_2 =$ _____
$t_{05} =$ _____ ( $v = N-1$ )	$t_{05} =$ _____ ( $v = N-1$ )

Вывод:

---

---

---

---

---

---

## **Тема 7. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ К СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ. БРАКОВКА СОМНИТЕЛЬНЫХ ДАТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЫПАВШИХ ДАННЫХ**

Перед статистической обработкой данные необходимо соответствующим образом подготовить: округлить, вычислить средние арифметические по каждой опытной деланке и варианту, выбраковать сомнительные и восстановить выпавшие данные, преобразовать их.

**Задание 1.** Пользуясь материалом учебника, опишите следующие понятия:

1. «Сомнительная» дата вариационного ряда -

---

---

---

2. Критерий для проверки «сомнительности» даты -

---

---

---

3. От каких показателей зависят значения критерия  $\tau_{\text{теор}}$  -

---

---

---

4. Критерий  $\tau_{\text{факт}}$  вычисляют по отношениям -

---

---

---

5. Сущность гипотезы о принадлежности «сомнительной» даты -

---

---

---

6. «Восстановление» выпавшей даты -

---

---

---

**Сомнительные данные**, которые значительно отличаются от всех остальных данных какого-либо варианта, определяют только с помощью математической статистики. Субъективная браковка данных недопустима.

**Задание 2.** Статистически определить принадлежность дат к вариационному ряду на 95 % и 99 % -ном уровне значимости, если в вегетационном опыте в варианте с двойной дозой азота (6-кратная повторность), учли массу растений (г/сосуд) и получили следующие результаты:

23,8 19,1 10,3 19,7 21,0 22,0.

Решение:

1. Ранжируем вариационный ряд в возрастающем порядке ( $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n$ ):

---

---

2. Наиболее «сомнительными» являются крайние даты ( $x_1$  и  $x_n$ ), их принадлежность к вариационному ряду проверяется расчетом критерия  $\tau_{\text{факт.}}$  :

$$\text{проверка даты } x_1 - \tau_1 = \frac{X_2 - X_1}{X_{n-1} - X_1} =$$

$$\text{проверка даты } x_n - \tau_n = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_2} =$$

3. По таблице находим критерии  $\tau$  теоретические (табл. 7 приложений в учеб. Моисейченко В.Ф. и др.) при  $n=6$  :

$$\tau_{0,95} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\tau_{0,99} = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. Сравниваем критерии  $\tau$  расчетные с теоретическими

---

---

---

---

5. Вывод о принадлежности «сомнительных» дат к вариационному ряду:

---

---

---

---

Обработка экспериментальных данных часто осложняется выпадением результатов на некоторых делянках опыта (повреждения растений птицами,

вредителями, затопление делянки после ливней, проезд транспорта и т.д.). Из-за выпадения данных средние арифметические в вариантах могут быть либо завышены (если выпал результат с очень низким числовым значением), либо занижены (если выпал результат с наибольшим числовым значением). Из-за этого возникают ошибки, которые можно устранить, только если **восстановить выпавшие данные**, т.е. вычислить их наиболее вероятные значения. Восстановленный результат ставят на выпавшее место и выполняют соответствующий статистический анализ данных.

**Задание 3.** Провести восстановление выпавшего результата в полевом опыте, где в четырех вариантах изучали влияние гербицидной обработки на величину урожайности зерна кукурузы. Повторность в опыте трехкратная. В третьем варианте, втором повторении опыта «выпал» результат, который необходимо «восстановить».

Урожайность зерна кукурузы (ц/га) в зависимости от внесения доз гербицида

Варианты опыта	Урожайность зерна по повторениям			Средняя по варианту
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	
1. Без гербицида	38	37	36	
2. Агелон (1 кг/га)	39	40	42	
3. Агелон (1,5 кг/га)	43	-	45	
4. Агелон (2,0 кг/га)	44	47	46	

Решение:

$$X_{вос.} = \frac{lV + nP - \sum X}{(l-1)(n-1)}, \text{ где}$$

*l* - число вариантов;

*V* - сумма данных в варианте, где выпал результат;

*n* - число повторностей в опыте;

*P* - сумма данных в повторности, где выпал результат;

$\sum X$  – сумма данных во всем опыте, за исключением выпавшего результата.

$$X_{вос.} = \underline{\hspace{10em}}$$

Вывод: \_\_\_\_\_

## Тема 8. ОСНОВЫ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЕГЕТАЦИОННОГО ОПЫТА

Слово «дисперсия» означает рассеивание данных опыта и расчленение общего варьирования изучаемых показателей на составные части. Отсюда и название метода — дисперсионный анализ. Для дисперсионного анализа представляют интерес *дисперсия вариантов* и *дисперсия ошибки*. Соотношение дисперсий — это тот критерий, который позволяет дать общую оценку достоверности различий между средними арифметическими опыта. В честь автора дисперсионного анализа критерий обозначили первой буквой его фамилии  $F$  (*критерий Фишера*).  $F$  вычисляют по формуле  $F = S^2_v/S^2_z$ .

Расчетный фактический критерий  $F_{\text{факт}}$  сравнивают с теоретическим  $F_{\text{теор}}$ , который находят по таблицам. **Если  $F_{\text{факт}}$  больше (или равен)  $F_{\text{теор}}$ , то достоверность различий в опыте доказана**, т. е. имеется одна или несколько пар вариантов средние арифметические которых достоверно различаются.

Вегетационные опыты чаще всего представляют собой статистические комплексы, состоящие из нескольких независимых выборок – вариантов. Независимость сопоставимых вариантов достигается регулярным перемещением вегетационных сосудов на вагонетке. Следовательно, в вегетационных опытах обычно нет территориально организованных повторений. Поэтому общее варьирование результативного признака разлагается на два компонента - варьирование вариантов и случайное варьирование:  $S_y = S_v + S_z$ . В полевом опыте имеются организованные повторения, поэтому  $S_y = S_v + S_p + S_z$ .

**Задание 1.** Пользуясь материалом учебника, опишите понятия:

1. Сущность дисперсионного анализа -

---

---

---

---

---

2. Критерий Фишера ( $F$ ) -

---

---

---

---

3. Нулевая гипотеза ( $H_0: d=0$ ), используемая для оценки значимости действия изучаемых факторов по критерию  $F$  -

---

---

---

---

4. Схема дисперсионного анализа данных вегетационного опыта -

---

---

---

---

5. В вегетационном опыте общая изменчивость результативного признака, измеряемая общей суммой квадратов ( $S_y$ ), расчленяется на \_\_\_\_\_ ( $S_v$ ) и \_\_\_\_\_ ( $S_z$ ).

6. Общее число степеней свободы ( $N-1$ ), расчленяется на два компонента: число степеней свободы для варианта \_\_\_\_\_ и число степеней свободы для случайного варьирования (ошибки) \_\_\_\_\_ .

7. Формулы, необходимые для проведения дисперсионного анализа:

общее число наблюдений в опыте  $N =$  \_\_\_\_\_

корректирующий фактор (поправка)  $C =$  \_\_\_\_\_

общая сумма квадратов  $S_y =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов для вариантов  $S_v =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов для ошибки (остатка)  $S_z =$  \_\_\_\_\_

дисперсия вариантов  $S_v^2 =$  \_\_\_\_\_

дисперсия ошибки  $S_z^2 =$  \_\_\_\_\_

расчетный критерий Фишера  $F =$  \_\_\_\_\_

8. Наименьшая существенная разность (НСР) -

---

---

---

---

9. Обобщенная ошибка опыта  $S_{\bar{x}} =$  \_\_\_\_\_

---

---

10. Ошибка разности средних  $Sd =$  \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

11. Наименьшая существенная разность для 5%-го уровня  $HCP_{05} =$  \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

12. Наименьшая существенная разность для 1%-го уровня  $HCP_{01} =$  \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Задание 2.** Проведите дисперсионный анализ данных однофакторного вегетационного опыта (с одинаковым числом наблюдений по вариантам), если в четырех вариантах изучали действие форм азотных удобрений на урожай овсяницы луговой. Установите, значимо ли действие удобрений, проверить нулевую гипотезу ( $H_0: d=0$ ). Проверьте результаты с помощью программы STRAZ.

Урожай овсяницы (г на сосуд)

Варианты опыта	Урожай, X				Число наблюдений, n	Суммы, V	Средние по вариантам
1. Без удобр. (контроль)	16,0	17,2	14,4	15,8	4		
2. Сульфат аммония	29,4	30,4	30,3	28,1	4		
3. Аммиачная селитра	26,0	29,2	26,7	27,1	4		
4. Мочевина	25,3	24,8	26,1	23,2	4		
$N = \sum n =$					$\sum x =$		$\bar{x} =$

Решение:

**Схема дисперсионного анализа:  $Sy = Sv + Sz$**

Таблица преобразованных дат (  $A =$  \_\_\_\_\_ )

Варианты	$X_1 = X - A$				V	$X_1^2$				$V^2$
	1	2	3	4		1	2	3	4	
1										
2										
3										
4										
общая сумма $\sum X_{1=}$										

Общее число наблюдений:  $N = l \cdot n =$  \_\_\_\_\_

Корректирующий фактор:  $C = (\sum X_1)^2 : N =$  \_\_\_\_\_



## Тема 9. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ОДНОФАКТОРНОГО ПОЛЕВОГО ОПЫТА С ОРГАНИЗОВАННЫМИ ПОВТОРЕНИЯМИ

Дисперсионный анализ — наиболее совершенный метод статистической обработки данных, но он применим только к опытам, размещенным методом рендомизации. Преимущества дисперсионного анализа заключаются в вычлениении из общего варьирования его компонентов, в вычислении обобщенной ошибки всего опыта на основе большего числа наблюдений, чем индивидуальные ошибки отдельных вариантов в недисперсионных методах.

**Задание 1.** Пользуясь материалом учебника, опишите понятия:

1. Организованные повторения в опыте –

---

---

---

2. Полная рендомизация в опыте –

---

---

---

3. В однофакторном полевом опыте с организованными повторениями общая сумма квадратов ( $C_y$ ), расчленяется на \_\_\_\_\_ ( $C_v$ ),  
\_\_\_\_\_ ( $C_p$ ),  
\_\_\_\_\_ ( $C_z$ ).

4. Общее число степеней свободы ( $N-1$ ), расчленяется на число степеней свободы для варианта \_\_\_\_\_, число степеней свободы для повторений \_\_\_\_\_ и случайного варьирования (ошибки) \_\_\_\_\_.

5. Схема дисперсионного анализа данных полевого опыта с организованными повторениями -

---

---

---

6. Схема дисперсионного анализа данных полевого опыта, заложенного методом полной рендомизации (без повторений) -

---

---

7. Формулы, необходимые для проведения дисперсионного анализа однофакторного полевого опыта с организованными повторениями:

общее число наблюдений в опыте  $N =$  \_\_\_\_\_

корректирующий фактор (поправка)  $C =$  \_\_\_\_\_

общая сумма квадратов  $C_y =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов для вариантов  $C_v =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов для повторений  $C_p =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов для ошибки (остатка)  $C_z =$  \_\_\_\_\_

дисперсия вариантов  $S_v^2 =$  \_\_\_\_\_

дисперсия ошибки  $S_z^2 =$  \_\_\_\_\_

расчетный критерий Фишера  $F =$  \_\_\_\_\_

**Задание 2.** Освойте технику расчетов при дисперсионном анализе данных полевого опыта, в котором изучали урожайность сортов озимой пшеницы. Проведите дисперсионный анализ данных, определите НСР<sub>05</sub> и сгруппируйте сорта по отношению к стандарту. Проверьте нулевую гипотезу  $H_0: d=0$  и сделайте вывод.

Урожайность зерна сортов озимой пшеницы, ц/га

Варианты (сорта)	Повторения, X				Суммы V	Среднее
	I	II	III	IV		
1 (стандарт)	45,7	47,9	43,4	42,1		
2	51,6	50,5	48,6	46,0		
3	44,7	40,0	41,4	38,7		
4	46,0	45,0	43,9	43,7		
5	39,8	38,0	41,0	49,6		
Суммы P					$\Sigma X =$	$\bar{x} =$

Решение:

Таблица преобразованных дат ( $A = \underline{\hspace{2cm}}$ )

Варианты	$X_1 = X - A$				Суммы V	$X_1^2$				Суммы V <sup>2</sup>
	I	II	III	IV		I	II	III	IV	
1										
2										
3										
4										
5										
Суммы P										
общая сумма $\sum X_1 =$										

**Схема дисперсионного анализа:  $C_y = C_v + C_p + C_z$**

Общее число наблюдений:  $N = l \cdot n = \underline{\hspace{4cm}}$

Корректирующий фактор:  $C = (\sum X_1)^2 : N = \underline{\hspace{4cm}}$

Суммы квадратов:

общая  $C_y = \sum X_1^2 - C = \underline{\hspace{4cm}}$

вариантов  $C_v = \sum V^2 : n - C = \underline{\hspace{4cm}}$

повторений  $C_p = \sum P^2 : l - C = \underline{\hspace{4cm}}$

остатка  $C_z = C_y - C_v - C_p = \underline{\hspace{4cm}}$

Таблица дисперсионного анализа

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат $S^2$	$F_{\text{факт.}}$	$F_{05}$
Общая $C_y$		$N - 1 =$	-	-	-
Повторений $C_p$		$n - 1 =$			
Вариантов $C_v$		$l - 1 =$	$S_v^2 =$		
Остаток $C_z$		$(l - 1)(n - 1) =$	$S_z^2 =$		



## Тема 10. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ВЕГЕТАЦИОННОГО ОПЫТА С РАЗНОЙ ПОВТОРНОСТЬЮ (С НЕПОЛНЫМИ ДАННЫМИ)

Особенностью обработки данных вегетационного опыта с разной повторностью по вариантам является необходимость вычисления нескольких значений наименьшей существенной разности (НСР), так как не все средние равнозначны, поскольку опираются на разное количество наблюдений ( $n$ ). Разную повторность в вариантах также необходимо учесть при вычислении суммы  $C_v$  и ошибки разности средних  $S_d$ .

**Задание 1.** Пользуясь материалом учебника, формулы для расчета следующих показателей:

1. Сумма квадратов вариантов с разной повторностью вычисляется по формуле

$$C_v = \underline{\hspace{10cm}}$$

2. Ошибку разности средних вариантов с одинаковой повторностью вычисляют по формуле:

$$S_d = \underline{\hspace{10cm}}$$

3. Ошибку разности средних по вариантам с разной повторностью вычисляют по формуле :

$$S_d' = \underline{\hspace{10cm}}$$

4. Теоретическое значение критерия Стьюдента ( $t$ ) находят по числу степеней свободы дисперсии  $\underline{\hspace{10cm}}$

5. Теоретическое значение критерия Фишера ( $F$ ) находят по степеням свободы дисперсии  $\underline{\hspace{10cm}}$  (в числителе) и дисперсии  $\underline{\hspace{10cm}}$  (в знаменателе).

**Задание 2.** Освойте технику дисперсионного анализа данных опыта с неполным набором данных, если в вегетационном опыте с водной культурой томата изучали действие разных соотношений N: P: K на урожай плодов. В опыте отсутствуют данные по двум повторениям. Проведите дисперсионный анализ результатов опыта и сделайте вывод об эффективности питания растений томатов. Проверьте результаты с помощью программы STRAZ.

Урожай плодов томатов (г/сосуд)

Варианты опыта (N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O)	Урожайность, X						Число наблюдений, n	Суммы V	Средние
1. 1:1:1 (st)	454	470	430	500	460	452	6		
2. 1:2:1	502	550	490	507	530	525	6		
3. 1:2:2	601	670	550	607	650	612	6		
4. 2:1:1	407	412	475	402	-	-	4		
5. 2:2:1	418	470	460	412	-	-	4		
							$\Sigma X =$		$\bar{x} =$

Решение:

Таблица преобразованных дат (A=\_\_\_\_)

Варианты	$X_1 = X - A$						Суммы V	$X_1^2$						Суммы V <sup>2</sup>	
1.															
2.															
3.															
4.					-	-							-	-	
5.					-	-							-	-	
							$\Sigma X_1 =$							$\Sigma X_1^2 =$	

**Схема дисперсионного анализа:  $C_y = C_v + C_z$**

Общее число наблюдений:  $N = l \cdot n - n_{\text{вып.даты}} =$  \_\_\_\_\_

Корректирующий фактор:  $C = (\Sigma X_1)^2 : N =$  \_\_\_\_\_

Суммы квадратов:

общая  $C_y = \Sigma X_1^2 - C =$  \_\_\_\_\_

вариантов  $C_v = \left( \frac{V_1^2}{n_1} + \frac{V_2^2}{n_2} + \dots + \frac{V_k^2}{n_k} \right) - C =$  \_\_\_\_\_

остатка  $C_z = C_y - C_v =$  \_\_\_\_\_

Таблица дисперсионного анализа

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат $S^2$	$F_{\text{факт.}}$	$F_{05}$
Общая $C_y$		$N-1=$	-	-	-
Вариантов $C_v$		$l-1 =$	$S_v^2=$		
Остаток $C_z$		$N-l=$	$S_z^2=$		

1. При сравнении  $x_1, x_2$  и  $x_3$  ( $n=6$ ) ошибка разности средних равна:

$$S_d' = \sqrt{\frac{2S^2_z}{n}} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$HCP_{05}' = t_{05} \cdot S_d' = \underline{\hspace{10em}}$$

2. При сравнении  $x_1, x_2, x_3$  с  $x_4, x_5$  ( $n_1=6$  и  $n_2=4$ ) ошибка разности средних:

$$S_d'' = \sqrt{S^2 \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$HCP_{05}'' = t_{05} \cdot S_d'' = \underline{\hspace{10em}}$$

3. При сравнении  $x_4$  и  $x_5$  ( $n=4$ ) ошибка разности средних равна:

$$S_d''' = \sqrt{\frac{2S^2_z}{n}} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$HCP_{05}''' = t_{05} \cdot S_d''' = \underline{\hspace{10em}}$$

Вывод:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Тема 11. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ МНОГОФАКТОРНОГО ПОЛЕВОГО ОПЫТА

Дисперсионный анализ особенно ценен для многофакторных опытов, так как позволяет определить достоверность не только действия, но и взаимодействия факторов. В полевом эксперименте часто эффект от совместного применения изучаемых факторов больше (синергизм) или меньше (антагонизм) суммы эффектов от отдельного применения каждого из них.

Многофакторный дисперсионный комплекс – это совокупность исходных наблюдений (дат), позволяющих статистически оценить действие и взаимодействие нескольких изучаемых факторов на изменчивость результативного признака.

**Задание 1.** Пользуясь материалом учебника, запишите следующие понятия и формулы:

1. Многофакторный опыт -

---

---

2. В двухфакторном опыте сумма квадратов вариантов ( $C_v$ ) расчленяется на \_\_\_\_\_ ( $C_A$ ), \_\_\_\_\_ ( $C_B$ ) и \_\_\_\_\_ ( $C_{AB}$ ).

3. Схема дисперсионного анализа двухфакторного полевого опыта -

---

4. В трехфакторном опыте сумма квадратов вариантов ( $C_v$ ) расчленяется на \_\_\_\_\_ ( $C_A$ ), \_\_\_\_\_ ( $C_B$ ), \_\_\_\_\_ ( $C_C$ ), \_\_\_\_\_ ( $C_{AB}$ ), \_\_\_\_\_ ( $C_{AC}$ ), \_\_\_\_\_ ( $C_{BC}$ ), \_\_\_\_\_ ( $C_{ABC}$ ).

5. Схема дисперсионного анализа трехфакторного полевого опыта -

---

---

6. Степени свободы для: ( $C_A$ ) - \_\_\_\_\_

( $C_B$ ) - \_\_\_\_\_

( $C_C$ ) - \_\_\_\_\_

( $C_{AB}$ ) - \_\_\_\_\_

( $C_{AC}$ ) - \_\_\_\_\_

( $C_{BC}$ ) - \_\_\_\_\_

( $C_{ABC}$ ) - \_\_\_\_\_

**Задание 2.** Уясните сущность многофакторного опыта, освоите технику дисперсионного анализа двухфакторного опыта, проведенного методом рендомизированных повторений и сделайте выводы.

В двухфакторном полевом опыте (2x3) изучали действие двух доз азота ( $a_0, a_1$ ) и трех доз фосфора ( $b_0, b_1, b_2$ ) на урожайность зерна ячменя. Провести дисперсионный анализ данных и проверить результаты с помощью программы STRAZ.

Урожайность зерна ячменя, ц/га

Фактор А (азот)	Фактор В (фосфор)	Повторения, X				Суммы, V	Средние
		I	II	III	IV		
$a_0$	$b_0$	23,1	24,8	23,0	26,8		
	$b_1$	28,4	29,5	30,2	26,5		
	$b_2$	28,7	30,4	32,6	28,0		
$a_1$	$b_0$	31,7	35,4	34,6	32,0		
	$b_1$	46,7	45,6	47,1	46,2		
	$b_2$	59,4	50,6	65,5	62,1		
$N = l_a \cdot l_b \cdot n =$						$\sum X =$	$\bar{x} =$

Решение:

Схема дисперсионного анализа:  $C_y = C_v + C_p + C_z$ ,  
так как  $C_v = C_A + C_B + C_C$ , следовательно

$$C_y = (C_A + C_B + C_C) + C_p + C_z$$

Корректирующий фактор:  $C = (\sum X)^2 : N =$  \_\_\_\_\_

Суммы квадратов:

общая  $C_y = \sum X^2 - C =$  \_\_\_\_\_

вариантов  $C_v = \sum V^2 : n - C =$  \_\_\_\_\_

повторений  $C_p = \sum P^2 : l_a l_b - C =$  \_\_\_\_\_

остатка  $C_z = C_y - C_v - C_p =$  \_\_\_\_\_

Таблица для определения сумм для главных эффектов и взаимодействия

Фактор А (азот)	Фактор В (фосфор)			Суммы А
	В <sub>0</sub>	В <sub>1</sub>	В <sub>2</sub>	
a <sub>0</sub>				
a <sub>1</sub>				
Суммы В				Σ X =

Сумма квадратов для фактора А (азот):

$$C_A = \frac{\sum A^2}{l_B n} - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

при степени свободы  $\nu = l_A - 1 = \underline{\hspace{10cm}}$

Сумма квадратов для фактора В (фосфор):

$$C_B = \frac{\sum B^2}{l_A n} - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

при степени свободы  $\nu = l_B - 1 = \underline{\hspace{10cm}}$

Сумма квадратов для взаимодействия факторов А и В:

$$C_{AB} = C_V - (C_A + C_B) = \underline{\hspace{10cm}}$$

при степени свободы  $\nu = (l_A - 1)(l_B - 1) = \underline{\hspace{10cm}}$

Таблица дисперсионного анализа двухфакторного полевого опыта (2x3)  
с рендомизированными повторениями

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат S <sup>2</sup>	F <sub>факт.</sub>	F <sub>05</sub>
Общая (C <sub>y</sub> )			-	-	-
Повторений (C <sub>p</sub> )			-	-	-
Фактора А (C <sub>A</sub> )					
Фактора В (C <sub>B</sub> )					
Взаимодействия (C <sub>AB</sub> )					
Остаток C <sub>z</sub>				-	-



## Тема 12. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ОПЫТА, РАЗМЕЩЕННОГО МЕТОДОМ ЛАТИНСКОГО КВАДРАТА И ЛАТИНСКОГО ПРЯМОУГОЛЬНИКА

*Метод рендомизированных латинских квадратов* — это размещение вариантов таким образом, чтобы в каждой строчке и в каждом столбике присутствовали все варианты в соответствии со схемой опыта и ни один из них не повторялся (рис. 7).

	<i>Столбцы</i>			
	2	4	1	3
Ряды	1	3	2	4
	4	1	3	2
	3	2	4	1

Рис. 7. Размещение вариантов опыта методом рендомизированного латинского квадрата (4x4)

*Метод латинского квадрата целесообразно использовать в таких условиях, когда плодородие почвы изменяется в двух взаимно перпендикулярных направлениях* (например, в одном направлении — вдоль склона, а перпендикулярно — под влиянием лесополосы или грунтовой дороги).

Так как ни один из вариантов не повторяется ни в крайних столбиках, ни в крайних рядах, то при соседстве опыта с лесополосами, дорогами, изгородями все варианты опыта находятся в одинаковых условиях.

*Рендомизированный латинский прямоугольник* — случайное размещение всех вариантов в пределах каждого ряда и каждого отдельного блока (рис. 8).

I	4	9	11	1	7	2	8	12	10	6	3	5
II	1	5	2	6	10	12	4	3	7	11	9	8
III	12	6	8	3	4	9	1	5	11	2	7	10
IV	3	7	10	5	8	11	9	2	6	4	1	12
	I			II				III			IV	
	<i>Блоки (столбцы)</i>											

Рис. 8. Размещение вариантов опыта методом рендомизированного латинского прямоугольника (4x4 x12)

Метод латинского прямоугольника эффективен в том случае, если плодородие почвы изменяется не только в двух взаимно перпендикулярных направлениях, но и по диагонали. Условия метода латинского прямоугольника: число вариантов должно быть кратным числу повторности, т.е. при 9 вариантах в опыте может быть 3 повторности, при 12 — 3 и 4, при 15 — 3 и 5; повторения организуются и по рядам, и по блокам, в пределах которых должен быть полный набор вариантов.

**Задание 1.** Пользуясь материалом учебника, запишите следующие понятия и формулы:

1. Схема дисперсионного анализа данных опытов, размещенных методом латинского квадрата и латинского прямоугольника - \_\_\_\_\_

2. Формулы, необходимые для проведения дисперсионного анализа данных опыта, размещенного методом латинского квадрата:

общее число наблюдений в опыте  $N =$  \_\_\_\_\_

корректирующий фактор (поправка)  $C =$  \_\_\_\_\_

общая сумма квадратов  $S_y =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов для столбцов  $S_c =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов для рядов  $S_r =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов для вариантов  $S_v =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов для ошибки (остатка)  $S_z =$  \_\_\_\_\_

дисперсия вариантов  $S_v^2 =$  \_\_\_\_\_

дисперсия ошибки  $S_z^2 =$  \_\_\_\_\_

расчетный критерий Фишера  $F =$  \_\_\_\_\_

3. Формулы, необходимые для проведения дисперсионного анализа данных опыта, размещенного методом латинского прямоугольника:

общее число наблюдений в опыте  $N =$  \_\_\_\_\_

корректирующий фактор (поправка)  $C =$  \_\_\_\_\_

общая сумма квадратов  $S_y =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов для столбцов  $S_c =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов для рядов  $S_r =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов для вариантов  $C_v =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов для ошибки (остатка)  $C_z =$  \_\_\_\_\_

дисперсия вариантов  $S_v^2 =$  \_\_\_\_\_

дисперсия ошибки  $S_z^2 =$  \_\_\_\_\_

расчетный критерий Фишера  $F =$  \_\_\_\_\_

**Задание 2.** Изучить и освоить технику дисперсионного анализа данных опытов, заложенных методом латинского квадрата (пример 1) и прямоугольника (пример 2), определить критерий  $F$  и сделать выводы. Проверить результаты с помощью программы STRAZ.

*Пример 1.* В полевом опыте с озимой пшеницей изучали сорта озимой пшеницы (сорт  $A$ , сорт  $B$ , сорт  $C$ , сорт  $D$ , сорт  $E$ ). Варианты (сорта) заложены по схеме латинского квадрата (5x5), провести дисперсионный анализ данных.

Схема размещения опыта  
и урожайность зерна озимой пшеницы, ц/га

Ряды	Столбцы					Суммы по		Средние по вариантам
	1	2	3	4	5	рядам $P$	вариантам, $V$	
1	33,2 $D$	31,1 $C$	33,6 $A$	34,5 $B$	33,8 $E$		$A$	$A$
2	40,9 $B$	32,7 $A$	39,6 $E$	37,7 $C$	36,3 $D$		$B$	$B$
3	35,8 $E$	28,7 $B$	37,9 $D$	32,8 $A$	34,5 $C$		$C$	$C$
4	34,2 $A$	35,6 $D$	36,8 $C$	40,2 $E$	34,9 $B$		$D$	$D$
5	31,2 $C$	34,7 $E$	26,8 $B$	33,7 $D$	31,2 $A$		$E$	$E$
Суммы $C$ по столбцам							$\sum X =$	$\bar{x} =$

Правильность вычисления сумм проверяют по равенству:  $\sum P = \sum C = \sum V = \sum X$

Решение:

Таблица преобразованных дат ( $A =$  \_\_\_\_\_ )

Ряды	Столбцы					Суммы	
	$X_1 = X - A$					$P$	$V$
	1	2	3	4	5		
1							
2							
3							
4							
5							
Суммы, $C$							$\sum X_1 =$ _____

**Схема дисперсионного анализа:  $C_y = C_c + C_p + C_v + C_z$**

Общее число наблюдений  $N = n \cdot n =$  \_\_\_\_\_

Корректирующий фактор:  $C = (\sum X_1)^2 : N =$  \_\_\_\_\_

Суммы квадратов:

общая  $C_y = \sum X_1^2 - C =$  \_\_\_\_\_

столбцов  $C_c = \sum C^2 : n - C =$  \_\_\_\_\_

рядов  $C_p = \sum P^2 : n - C =$  \_\_\_\_\_

вариантов  $C_v = \sum V^2 : n - C =$  \_\_\_\_\_

остатка  $C_z = C_y - C_c - C_p - C_v =$  \_\_\_\_\_

**Результаты дисперсионного анализа**

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат, $S^2$	$F_{\text{факт.}}$	$F_{05}$
Общая ( $C_y$ )			-	-	-
Столбцов ( $C_c$ )			-	-	-
Рядов ( $C_p$ )			-	-	-
Вариантов ( $C_v$ )					
Остаток ( $C_z$ )				-	-

Оценка существенности частных различий:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_z^2}{n}} = \underline{\hspace{2cm}} \quad S_d = \sqrt{\frac{2S_z^2}{n}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$НСР_{05} = t_{05} \cdot S_d = \underline{\hspace{2cm}} \quad НСР_{05} = \frac{t_{05} \cdot S_d}{x} \cdot 100 \% = \underline{\hspace{2cm}}$$

**Урожайность зерна сортов озимой пшеницы, ц/га**

Варианты (сорта)	Средняя урожайность	Отклонение от стандарта		Группа
		т/га	%	
A (st)		-	-	st
B				
C				
D				
E				
НСР <sub>05</sub>	-			-

**Вывод:**

---



---



---



---

*Пример 2.* В полевом опыте изучали продуктивность сортов кукурузы по показателю урожая зеленой массы. Варианты опыта (сорта–А,В,С,Д,Е,Ф,Г,Н) заложены методом латинского прямоугольника (4x4x8). Провести дисперсионный анализ, разгруппировать сорта кукурузы и сделать вывод.

Схема размещения опыта и урожайность зеленой массы кукурузы, т/га

Ряды	Столбцы				Суммы по		Средние по вариантам
	1	2	3	4	рядам $P$	вариантам, $V$	
1	47 <i>E</i>	64 <i>G</i>	37 <i>B</i>	51 <i>D</i>		<i>A</i>	<i>A</i>
	41 <i>A</i>	66 <i>C</i>	46 <i>F</i>	60 <i>H</i>		<i>B</i>	<i>B</i>
2	65 <i>G</i>	41 <i>E</i>	55 <i>D</i>	34 <i>B</i>		<i>C</i>	<i>C</i>
	66 <i>C</i>	41 <i>A</i>	53 <i>H</i>	35 <i>F</i>		<i>D</i>	<i>D</i>
3	42 <i>F</i>	50 <i>H</i>	40 <i>E</i>	51 <i>G</i>		<i>E</i>	<i>E</i>
	42 <i>B</i>	48 <i>D</i>	36 <i>A</i>	60 <i>C</i>		<i>F</i>	<i>F</i>
4	52 <i>H</i>	45 <i>F</i>	54 <i>G</i>	30 <i>E</i>		<i>G</i>	<i>G</i>
	61 <i>D</i>	37 <i>B</i>	59 <i>C</i>	46 <i>A</i>		<i>H</i>	<i>H</i>
Суммы $C$ по столбцам						$\sum X =$	$\bar{x} =$

Правильность вычисления сумм проверяют по равенству:  $\sum P = \sum C = \sum V = \sum X$

Решение:

**Схема дисперсионного анализа:**  $C_y = C_c + C_p + C_v + C_z$

Общее число наблюдений  $N = n \cdot l =$  \_\_\_\_\_

Корректирующий фактор:  $C = (\sum X)^2 : N =$  \_\_\_\_\_

Суммы квадратов:

общая  $C_y = \sum X^2 - C =$  \_\_\_\_\_

столбцов  $C_c = \sum C^2 : l - C =$  \_\_\_\_\_

рядов  $C_p = \sum P^2 : l - C =$  \_\_\_\_\_

вариантов  $C_v = \sum V^2 : n - C =$  \_\_\_\_\_

остатка  $C_z = C_y - C_c - C_p - C_v =$  \_\_\_\_\_



## Тема 13. ЛИНЕЙНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ И РЕГРЕССИЯ

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. Взаимосвязи между варьирующими признаками называют *корреляцией*.

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

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

По *форме* корреляция бывает линейной и криволинейной. *Линейная корреляция* имеет место, когда с увеличением признака  $X$  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 противоположных. Так, при постоянно возрастающих дозах фактора  $X$  (азотные или другие удобрения, влажность почвы, ее плотность и т.п.) урожай  $Y$  сначала возрастает, затем стабилизируется, а после дальнейшего увеличения признака  $X$  снижается.

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.

**Задание 1.** Пользуясь материалом учебника, запишите следующие понятия и формулы:

1. Коэффициент корреляции ( $r$ ) - \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Коэффициент детерминации ( $d$ ) - \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. При каких значениях коэффициента корреляции связь между зависимыми признаками :

полная –  $r =$  \_\_\_\_\_

сильная –  $r =$  \_\_\_\_\_

средняя –  $r =$  \_\_\_\_\_

слабая –  $r =$  \_\_\_\_\_

4. Запишите формулы для расчета:

коэффициента корреляции  $r =$  \_\_\_\_\_

ошибки коэффициента корреляции  $Sr =$  \_\_\_\_\_

критерия существенности корреляции  $t_r =$  \_\_\_\_\_

5. Теоретическое значение Стьюдента  $t$  находят по числу степеней свободы равном  $\nu_r =$  \_\_\_\_\_

6. Регрессия - \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7. Уравнение регрессии имеет вид:

\_\_\_\_\_

8. Запишите формулы для расчета:

коэффициентов регрессии  $R_{yx} =$  \_\_\_\_\_

$R_{xy} =$  \_\_\_\_\_

ошибки коэффициента регрессии  $S_{R_{yx}} =$  \_\_\_\_\_

$S_{R_{xy}} =$  \_\_\_\_\_

критерия существенности регрессии  $t_R =$  \_\_\_\_\_

**Задание 2.** Изучите корреляционно-регрессионный метод анализа результатов исследований. Вычислите коэффициенты прямолинейной корреляции и регрессии, составьте уравнение регрессии и представьте данные графически.

Проанализируйте корреляционно-регрессионную зависимость между длиной листьев озимой пшеницы (см) и их площадью (см<sup>2</sup>).

Вычисление корреляционной зависимости между длиной листьев озимой пшеницы (признак X) и их площадью (признак Y)

Но мер пар	Значение признаков		Отклонения		Произведения $(X-\bar{x})(Y-\bar{y})$	Квадраты отклонений	
	длина листьев, см (X)	площадь листьев, см <sup>2</sup> (Y)	$X-\bar{x}$	$Y-\bar{y}$		$(X-\bar{x})^2$	$(Y-\bar{y})^2$
1	16,0	6,2					
2	17,3	8,5					
3	18,5	10,1					
4	18,9	10,6					
5	20,1	11,4					
6	20,9	12,5					
7	21,3	13,3					
8	21,7	13,7					
9	22,3	14,2					
10	22,3	15,0					
11	22,6	15,7					
12	22,8	16,0					
13	23,0	17,6					
14	24,1	18,6					
15	25,4	20,4					
Суммы	$\sum X =$	$\sum Y =$	$\sum X - \bar{x} =$	$\sum Y - \bar{y} =$	$\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y}) =$	$\sum (X - \bar{x})^2 =$	$\sum (Y - \bar{y})^2 =$
число пар $n = 15$			=	=	=	=	=

Решение:

Находим средние арифметические:

$$\bar{x} = \sum X : n = \underline{\hspace{10em}}$$

$$\bar{y} = \sum Y : n = \underline{\hspace{10em}}$$

Коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\sum (X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2 \sum (Y - \bar{y})^2}} = \underline{\hspace{10em}}$$

Ошибка коэффициента корреляции:

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Критерий достоверности коэффициента корреляции:

$$t_r = \frac{r}{S_r} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Теоретическое значение критерия Стьюдента:

при  $\nu_r = n - 2 = \underline{\hspace{5cm}}$   $t_{05} = \underline{\hspace{5cm}}$

Доверительный интервал для коэффициента корреляции:

$$r \pm t_{05} \cdot S_r = \underline{\hspace{10cm}}$$

Вывод о достоверности связей делают на основе такого правила: если критерий существенности коэффициента корреляции фактический больше критерия теоретического или равен ему, то связь достоверная (существенная).

Вывод о достоверности связей:

---

---

---

---

---

---

---

---

При сильной и достоверной связи между признаками проводят регрессионный анализ:

Коэффициент регрессии:

$$R_{yx} = \frac{\sum(X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{\sum(X - \bar{x})^2} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Ошибка коэффициента регрессии:

$$S_{R_{yx}} = S_r \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{y})^2}{\sum(X - \bar{x})^2}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Доверительный интервал для коэффициента регрессии:

$$R_{yx} \pm t_{05} \cdot S_{R_{yx}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Уравнение регрессии имеет вид:

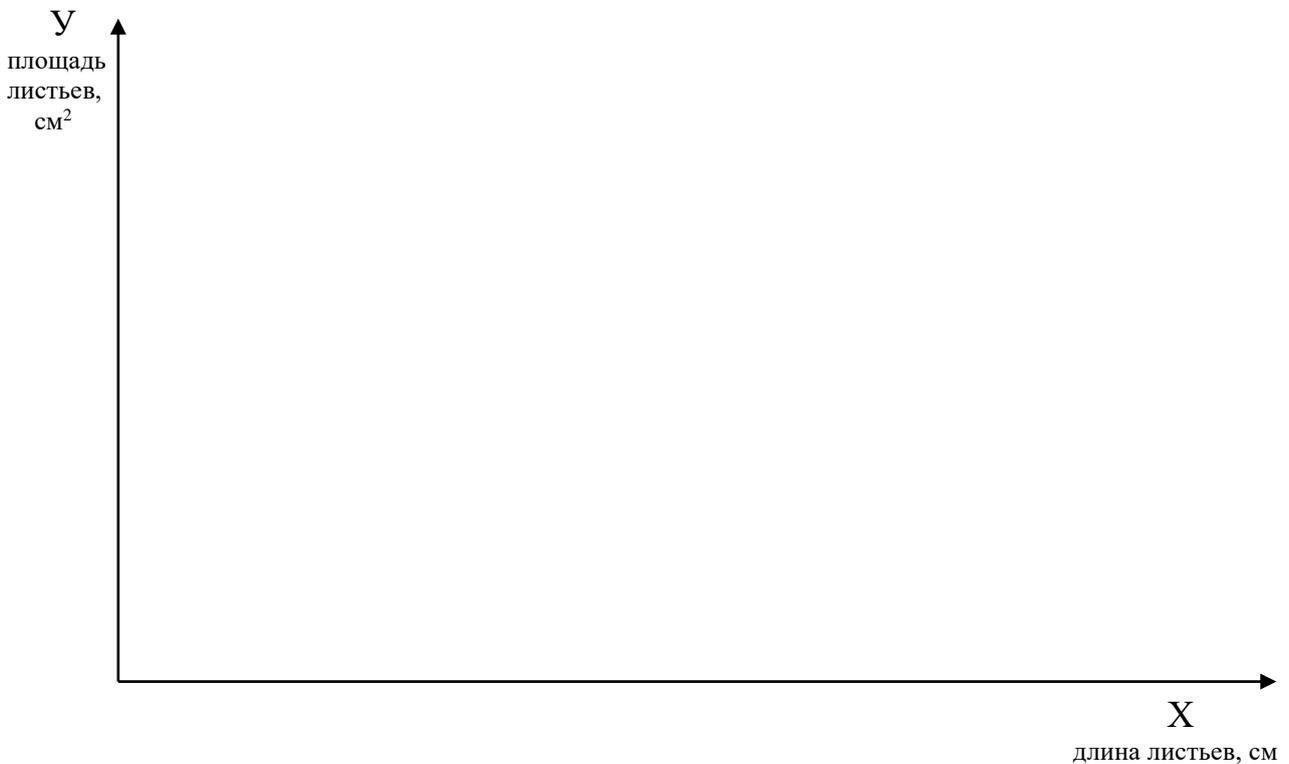
$$Y = \bar{y} + R_{yx}(X - \bar{x}) = \underline{\hspace{10cm}}$$

Для графического изображения корреляционно-регрессионной зависимости по уравнению регрессии находим теоретические усредненные значения  $Y$  (при  $X_{\min}$  и  $X_{\max}$ ). По двум найденным точкам строим линию регрессии:

$$Y_{(X_{\min})} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$Y_{(X_{\max})} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Теоретическая линия регрессии и точечный график зависимости между длиной листьев озимой пшеницы и их площадью



Вывод:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Тема 14. КОВАРИАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Ковариационный анализ применяют для обработки экспериментальных данных в опытах с многолетними культурами. Нередки случаи, когда деревья или кусты ягодников, многолетние травы на делянках значительно различаются по силе роста и урожаю в самом начале опыта. Как правило, такие растения еще больше различаются в конце опыта, поэтому оценка эффективности изучаемых вариантов без поправок на первоначальное состояние растений не будет объективной. В таких случаях необходимо установить соотношение между варьированием первоначального показателя, например урожая  $X$ , и последующим урожаем  $Y$  с помощью *ковариационного анализа*.

Ковариационный анализ используют также тогда, когда отдельные растения в опыте выпадают из-за повреждения вредителями, морозами, поражения болезнями. Однако его не следует применять в тех случаях, когда сильное поражение болезнями или морозами при сортоиспытании является особенностью сорта или когда в агротехническом опыте растения выпадают под влиянием высоких доз удобрений, гербицидов.

*Сочетание дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов для приведения фактических средних по ряду  $Y$  к полной выравненности условий опыта по ряду  $X$  называют ковариационным анализом.* В математической статистике ковариация ( $cov$ ) — это средняя из произведений отклонений двух переменных  $X$  и  $Y$  от их средних арифметических.

**Задание 1.** Пользуясь материалом учебника, запишите следующие понятия и формулы:

1. Этапы проведения ковариационного анализа - \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. В каких опытах результаты исследований обрабатываются методом ковариационного анализа - \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Формулы для вычисления сумм квадратов отклонений для ряда  $X$ :

корректирующий фактор  $C =$  \_\_\_\_\_

общая сумма квадратов  $C_y =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов вариантов  $C_v =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов повторений  $C_p =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов остатка  $C_z =$  \_\_\_\_\_

4. Формулы для вычисления сумм квадратов отклонений для ряда  $Y$ :

корректирующий фактор  $C =$  \_\_\_\_\_

общая сумма квадратов  $C_y =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов вариантов  $C_v =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов повторений  $C_p =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов остатка  $C_z =$  \_\_\_\_\_

5. Формулы для вычисления сумм квадратов отклонений для произведения  $XU$ :

корректирующий фактор  $C =$  \_\_\_\_\_

общая сумма квадратов  $C_y =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов вариантов  $C_v =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов повторений  $C_p =$  \_\_\_\_\_

сумма квадратов остатка  $C_z =$  \_\_\_\_\_

6. Формула для вычисления суммы квадратов регрессии:

$$C_R = \underline{\hspace{15em}}$$

7. Формула для вычисления коэффициента регрессии:

$$R_{yx} = \underline{\hspace{15em}}$$

**Задание 2.** Закрепите методику проведения ковариационного анализа данных в многолетнем опыте с яблоней, где изучалось действие удобрений на урожайность яблок. Урожайность в начале ( $X$ ) и в конце опыта ( $Y$ ) приведена в таблице. Провести ковариационный анализ и при необходимости сделать поправку урожайности в конце опыта с учетом первоначальной. определите  $НСР_{05}$  и сделайте выводы. Проверить результаты с помощью программы STRAZ.

Урожайность яблонь в начале ( $X$ ) и в конце ( $Y$ ) опыта, т/га

Варианты (удобрения)		Повторения				Суммы $V_x$ и $V_y$	Средние
		I	II	III	IV		
1.	$X$	1,1	1,3	0,9	1,4		
	$Y$	1,5	1,4	1,6	1,8		
2.	$X$	1,3	1,2	1,0	1,6		
	$Y$	1,4	1,3	1,2	1,7		
3.	$X$	1,5	1,0	1,5	1,6		
	$Y$	1,9	1,5	1,7	1,9		
Суммы	$P_x$					$\Sigma X =$	$\bar{x} =$
	$P_y$					$\Sigma Y =$	$\bar{y} =$

Решение:

Проверяем правильность вычислений:

$$\Sigma V_x = \Sigma P_x = \Sigma X = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$\Sigma V_y = \Sigma P_y = \Sigma Y = \underline{\hspace{10cm}}$$

Дисперсионный анализ для ряда  $X$ :

$$C = (\Sigma X)^2 : N = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_y = \Sigma X^2 - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_p = \Sigma P_x^2 : l - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_v = \Sigma V_x^2 : n - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_z = C_y - C_p - C_v = \underline{\hspace{10cm}}$$

Дисперсионный анализ для ряда  $Y$ :

$$C = (\Sigma Y)^2 : N = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_y = \Sigma Y^2 - C = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$C_p = \sum P_y^2 : l - C = \underline{\hspace{15em}}$$

---

$$C_v = \sum V_y^2 : n - C = \underline{\hspace{15em}}$$

---

$$C_z = C_y - C_p - C_v = \underline{\hspace{15em}}$$

---

Дисперсионный анализ произведения XY:

$$C = \sum X \sum Y : N = \underline{\hspace{15em}}$$

$$C_y = \sum XY - C = \underline{\hspace{15em}}$$

---

$$C_p = \sum P_x P_y : l - C = \underline{\hspace{15em}}$$

---

$$C_v = \sum V_x V_y : n - C = \underline{\hspace{15em}}$$

---

$$C_z = C_y - C_p - C_v = \underline{\hspace{15em}}$$

---

Сумма квадратов регрессии:

$$C_R = \frac{(\sum XY)^2}{\sum X^2} = \frac{C_z^2(\text{для } XY)}{C_z(\text{для } X^2)} = \underline{\hspace{15em}}$$

---

Коэффициент регрессии:

$$R_{yx} = \frac{\sum XY}{\sum X^2} = \frac{C_z(\text{для } XY)}{C_z(\text{для } X^2)} = \underline{\hspace{15em}}$$

---

---

## Результаты ковариационного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов и произведений			Степени свободы, $\nu$	Средний квадрат, $S^2$	$F_{факт.}$	$F_{05}$	$R_{yx}$
	$X^2$	$XU$	$U^2$					
Общая				$N-1=$	-	-	-	-
Повторений				$n-1=$	-	-	-	-
Вариантов				$l-1=$				
Остаток I				$(n-1)(l-1)=$		-	-	-
Регрессия	-	-					-	-
Остаток II	-	-				-	-	-

*Остаток II = Остаток I – Регрессия ( $C_R$ )*

*Степень свободы остатка II = степень свободы остатка I - степень свободы регрессии*

**Вывод о необходимости поправок урожайности  
(при сравнении  $F_{факт.}$  и  $F_{05}$  для вариантов и регрессии):**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Корректировка урожайности яблонь в конце опыта  
с учетом урожайности в начале опыта**

Вариант	Средняя урожайность в начале опыта ( $X$ ), т/га	$\bar{x} - X$	$R_{yx} \cdot (\bar{x} - X)$	Средняя урожайность в конце опыта ( $Y$ ), т/га	Скорректированная урожайность, т/га
1					
2					
3					
	$\bar{x} =$			$\bar{y} =$	

**Вывод:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Вопросы для семинарского занятия № 1**

1. Краткая история опытного дела.
2. Сеть опытных учреждений в нашей стране и в Брянской области.
3. Структура и задачи научных учреждений.
4. Уровни и методы научных исследований в агрономии.
5. Основные требования, предъявляемые к полевому опыту.
6. Основные этапы планирования исследований.
7. Схема полевого опыта.
8. Варианты опыта. Повторность и повторение.
9. Основные элементы методики полевого опыта.
10. Методы учета урожайности. Дробный учет урожая в опыте.
11. Методы поправок на изреженность.
12. Документация и отчетность по опыту.
13. Основные требования к научному отчету.

### **Вопросы для семинарского занятия № 2**

1. Классификация агрономических опытов.
2. Требования, предъявляемые к опытам.
3. Размещение делянок и повторений в опыте. Защитные полосы.
4. Классификация методов размещения вариантов.
5. Систематические методы размещения вариантов.
6. Стандартные методы размещения вариантов.
7. Рендомизированные (случайные) методы размещения вариантов.
8. Метод рендомизированных повторений.
9. Латинский квадрат и латинский прямоугольник.
10. Метод расщепленных делянок.
11. Требования к схеме однофакторного и многофакторного опыта.

### **Вопросы для семинарского занятия № 3**

1. Роль и место производственного опыта.
2. Закономерности пространственной изменчивости плодородия почвы.
3. Понятие о случайном и закономерном варьировании плодородия.
4. Выбор и подготовка участка под опыт.
5. Классификация ошибок в полевом опыте.
6. Планирование наблюдений и учетов в опыте.
7. Основные этапы закладки полевого опыта.
8. Требования к полевым работам на опытном участке.
9. Особенности полевых опытов при работе на лугах и пастбищах, полях, защищенных лесными полосами, в эрозионных районах.
10. Особенности методики Государственного сортоиспытания.
11. Опыты в условиях орошения.

#### **Вопросы для семинарского занятия № 4**

1. Значение математической статистики для планирования исследований и обработки данных опытов.
2. Генеральная совокупность и выборка.
3. Эмпирические и теоретические распределения.
4. Понятие об изменчивости. Виды изменчивости.
5. Статистические характеристики количественной изменчивости.
6. Статистические характеристики качественной изменчивости.
7. Понятие о нулевой гипотезе и методы ее проверки.
8. Сущность дисперсионного анализа.
9. Схема (модель) однофакторного дисперсионного анализа вегетационного опыта.
10. Схема (модель) однофакторного дисперсионного анализа полевого опыта, заложенного методом рендомизированных повторений.

#### **Вопросы для семинарского занятия № 5**

1. Преобразование дат при обработке наблюдений (анализов).
2. Доверительные интервалы и критерии существенности.
3. Прямолинейная корреляция и регрессия.
4. Ковариация.
5. Дисперсия, стандартное отклонение и коэффициент вариации.
6. Абсолютная и относительная ошибка среднего.
7. Наименьшая существенная разность (НСР). Группировка вариантов по НСР.
8. Браковка сомнительных дат. Нулевая гипотеза и методы ее проверки.
9. Оценка существенности разности долей.
10. Оценка разности между выборочными долями.
11. Определение объема выборки для количественной и качественной изменчивости.

Учебное издание

Мельникова Ольга Владимировна

**ОСНОВЫ НАУЧНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Учебно-методическое пособие для проведения  
лабораторно-практических занятий со студентами  
направления **35.03.07 Технология производства  
и переработки сельскохозяйственной продукции,**  
профиль *Технология производства и переработки  
продукции растениеводства*

(очной формы обучения)

Редактор Лебедева Е.М.

---

Подписано к печати 27.01.2017 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 3,77. Тираж 60 экз. Изд. № 5242.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ