

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова»**

# **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**

**Краткий курс лекций  
для аспирантов**

Направление подготовки  
**Сельское хозяйство 35.06.01.**

Профиль подготовки  
**Растениеводство**

Саратов 2014

## **Введение**

Краткий курс лекций по дисциплине «Методы исследований в растениеводстве» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для аспирантов направления подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство. Растениеводство. Краткий курс лекций содержит теоретический материал по современным методам планирования экспериментов, закладке и проведению вегетационных и полевых опытов планированию учетов и наблюдений и статистической обработке экспериментальных данных. Краткий курс лекций направлен на формирование у аспирантов глубоких теоретических знаний и практических навыков по внедрению результатов исследований

Краткий курс лекций по дисциплине «Методы исследований в растениеводстве» позволяет получить знания по современным методам планирования однофакторных и многофакторных экспериментов. На основе рекогносцировочных методов можно определить типичный земельный участок для закладки полевых опытов правильно спланировать целенаправленные наблюдения и учеты. В процессе проведения исследований за ростом и развитием растений на основе статистических методов установить репрезентативный объем выборки, разработать статистическую и рабочую гипотезы и принять соответствующий уровень значимости для выполнения поставленной цели исследований и решения актуальных задач. Важно правильно выбрать методы учета биометрических параметров растений и способы уборки урожая по всем повторностям опыта. На основе статистической обработке экспериментальных данных сделать достоверные выводы представить научную работу в виде отчета, диссертации и рекомендации производству

Краткий курс лекций по дисциплине «Методы исследований в растениеводстве» включает в себя основы земледелия, агрохимии, растениеводства, биометрии, математической статистики, почвоведения и защиты растений. Курс направлен на формирование основных компетенций для решения научно-исследовательских задач агропромышленного комплекса РФ.

# Лекция 1

## Методы исследований в растениеводстве и краткая история их развития

### 1.1. Роль методики опытного дела в развитии агрономии

Дальнейшее наращивание производства продукции растениеводства возможно только при активном, внедрении новейших достижений науки и техники, интенсивных технологий выращивания программированных урожаев сельскохозяйственных культур комплексного применения биологических, агротехнических и химических приемов борьбы с сорняками, вредителями и болезнями растений.

Не последнюю роль должны сыграть специалисты высшей квалификации от уровня их научной подготовленности, сознательности, активности добросовестности и понимания величия поставленных задач зависит успех их решения.

Специалиста сельского хозяйства необходимо постоянно следить за последними достижениями в области науки и передовой практики с тем, чтобы отбирать из этих достижений все то, что оказывается наиболее эффективным в условиях данной зоны, конкретного хозяйства.

Отсюда в активную работу нужно вовлечь всех агрономов-производственников, которые должны уметь отобрать лучшие достижения на основе знания методики проведения полевых исследований.

А для этого необходимо приобрести хорошие знания по методике полевого опыта. В этой связи в систему высшего агрономического образования введен курс: «Основы научных исследований в агрономии».

Опытное дело – это глаза научной агрономии, оно возникло, как и всякое научное знание из запросов производства. Основы научных исследований в агрономии являются отраслью агрономии, которая занимается изучением современных технологий возделывания полевых культур, изысканием приемов повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур, а также улучшением качества продукции на основе прогрессивного улучшения мелиорируемых земель.

Умение экспериментировать, ставить и проводить полевые и другие виды сельскохозяйственных опытов требует от исследователя больших и разносторонних знаний в области физики, математики, химии, ботаники, физиологии, микробиологии, почвоведения и агрохимии, земледелия и философии и экономики, энтомологии и фитопатологии, требует гибкого аналитического и обобщенного ума, владения методами диалектического материализма.

#### 1.2. Объекты исследования и типы сравнительных экспериментов.

Агрономия – наука комплексная. а занимается изучением и разработкой теоретических основ и агротехнических приемов повышения продуктивности растений и улучшения качества урожая полевых культур. В силу большой комплексности научная агрономия использует разнообразные методы из области точных наук – математики, физики, химии, физиологии и других, а также имеет свои специфические методы, т.е. биологические методы исследования.

В основе любого теоретического и экспериментального исследования лежит общий метод познания – метод диалектического материализма. Метод диалектического материализма вскрывает наиболее общие законы развития природы и общества.

Агрономическая наука, опираясь на метод диалектического материализма при разработке теоретических основ и практических приемов повышения продуктивности растений пользуется общепринятыми приемами научного исследования – наблюдением

и экспериментом, индукцией и дедукцией, анализом и синтезом, обобщением и абстрагированием, гипотеза моделирования и математические методы

Остановимся на специфических методах научной агрономии – наблюдение и эксперимент.

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

Наблюдение возникло на заре человечества одновременно с мышлением. Оно и сейчас широко применяется в жизни, в науке.

Процесс наблюдения начинается, прежде всего, с восприятия или констатирования какого – либо факта явления. Но затем к восприятию присоединяется более или менее сложный умственный процесс. Примерами наблюдений могут служить: 1) наблюдения на метеостанциях (за температурой ( $t^0$ ) воздуха, почвы, осадками, силой ветра и т.д.); 2) наблюдение за засоренностью посевов, наличием в почве NPK, засухоустойчивость и морозостойкость т.д.

Однако наблюдение в агрономической науке не является самостоятельным приемом исследования. Он входит в состав более сложного метода исследования – эксперимента.

Эксперимент-опыт (активное наблюдение) – это такое изучение при котором исследователь искусственно вызывает явление или изменяет условие так, чтобы лучше выяснить сущность явления, происхождение, причинность и взаимосвязь предметов и явлений. Особенность эксперимента – его воспроизводимость.

По сравнению с простым наблюдением эксперимент имеет ряд преимуществ:

1) Исследователь сам вызывает нужное ему явление, не дожидаясь, когда оно наступит в природе. Он может создавать искусственную засуху, низкие  $t^0$  и воздействовать ими на растение;

2) Экспериментатор может расчленять явление (анализ) и вновь объединять их (синтез);

3) Исследователь всегда включает несколько вариантов – проб, из составления которых делает заключения – выводы.

Под вариантом опыта понимают определенную совокупность приемов возделывания растений (в полевом опыте на одной делянке, в вегетационной опыте в одном сосуде или в нескольких).

Важной задачей сравнительного эксперимента является количественная оценка эффектов опытных (изучаемых) вариантов.

В практике агрономических исследований используют в основном четыре типа сравнительных экспериментов: лабораторный, вегетационный, лизиметрический и полевой.

Лабораторный эксперимент – исследование, осуществляемое в лабораторной обстановке с целью установления действия и взаимодействия факторов на изучаемые объекты.

Лабораторные опыты проводятся как в обычных комнатах, так и в искусственно регулируемых условиях – в термостатах, боксах и климатических камерах. Для характеристики почв и семян используют физические и химические методы анализа: определяют гранулометрический состав, скважность, влагоёмкость и т.д., условия прорастания семян, их всхожесть, содержание белка и т.д.

Большим достоинством лабораторного метода является быстрота и высокая достоверность проведения, недостатком – отсутствие главного объекта агрономии – самого растения и его урожайности.

Таким образом, лабораторные методы в исследованиях должны играть большую вспомогательную роль в полевых экспериментах и наблюдениях.

Вегетационный эксперимент – исследования, осуществляемые в контрольных условиях – вегетационных домиках, теплицах, оранжереях, климатических камерах и других сооружениях с целью определения и установления различия между вариантами опыта и количественной оценки действия и взаимодействия изучаемых факторов на урожайность растений и его качество.

Вегетационный метод исследования исторически возник в помощь лабораторно - химическому. Одним из основоположников его был французский ученый Буссенго. В основу своих исследований он ставил принцип: спрашивать во всем "мнение" самого растения.

Сущность вегетационного метода состоит в том, что растения выращивают в вегетационных сосудах, сделанных из стекла, глины, пластических и других материалов, в искусственной, но регулируемой экспериментом обстановке.

Для сближения условий проведения эксперимента с полевой обстановкой ставят вегетационно-полевые опыты.

В поле, почва в сосудах без дна, ограничена только с боков на глубину 20-30 см. контакт с под почвой при естественном увлажнении и аэрации. Так определяют вымывание и перемещение питательных веществ атмосферными осадками, определение транспирационного коэффициента в естественной обстановке и др.

Лизиметрический метод – исследование жизни растений и динамики почвенных процессов в специальных лизиметрах, позволяющих учитывать передвижение и баланс влаги и питательных веществ в естественных условиях.

Он отличается от вегетационного тем, что исследования жизни растений проводятся в поле в специальных лизиметрах, где почва отгорожена с боков и снизу от окружающей почвы и под почвы.

Этим методом изучают водно-солевой и пищевой баланс.

Лизиметры делятся:

- 1) С почвой естественного строения;
- 2) С насыпной почвой..

Полевой сельскохозяйственный опыт - исследования осуществляемые в полевой обстановке на специально выделенном участке. Основной задачей полевого опыта является определение различий между вариантами опыта, количественная оценка действия факторов жизни, условий и приемов возделывания на урожай растений и его качество."

Полевой метод по праву занимает ведущее место в агрономических исследованиях.

Особенности этого метода заключаются в том, что изучение растений, действие какого-либо агроприема или препараты производится в совокупности с действием почвенных, погодных, агротехнических и других условий очень близких к производственным условиям.

При постановке полевого опыта мы имеем возможность дать агротехническую и экономическую оценку изучаемому приему.

Прежде чем сделать выводы и рекомендации для производства на основании наблюдений, лабораторных, вегетационных, лизиметрических опытов они должны быть тщательно проверены в условиях сравнительного полевого опыта.

Статистика использовалась в опытном деле для определения средних значений и их ошибок.

В настоящее время математическая статистика является важным инструментом при планировании эксперимента и обработки полученных данных.

Она позволяет извлечь максимум информации из исходных данных, оценить насколько существенны различия между вариантами, установить коэффициенты корреляции и уравнения регрессий.

Одним словом статистические методы в сравнительных экспериментах занимают особое положение.

Таким образом, только умелое сочетание всех методов познания и типов сравнительных экспериментов обеспечат получение научно-обоснованных рекомендаций для широкого внедрения в производство.

### **1.3. Возникновение и краткая история сельскохозяйственного опытного дела, приоритет русских и зарубежных ученых в развитии научной методики полевого опыта**

Опытное дело не появилось сразу в готовом виде, оно имеет свою историю, новое развитие. Как и всякое научное знание оно возникло из запросов материального производства. С ростом потребностей в продуктах питания и уменьшением свободных мест для освоения земель практическое земледелие уже не могло на основании одних эмпирических знаний удовлетворять потребности все увеличивающегося населения в пищевых ресурсах. Необходимо было более детальное изучение растений, нужны были научные методы изучения вопросов земледелия и люди, владеющие этими методами.

Так зарождались предпосылки для возникновения научной агрономии.

Мысль о необходимости проведения экспериментов в России обострилась в конце XVIII и начале XIX века, в это время крепостное хозяйство разлагалось и переживало кризис.

В 1765 г. в Петербурге было образовано Вольно-Экономическое общество, объединяющее наиболее образованных сельских хозяев того времени. Это общество издавало свои газеты, журналы, где сообщались полезные советы для земледельцев.

Одним из деятельных и влиятельных членов этого общества был А.Т. Болотов (1738-1833гг.) – первый русский ученый агроном. Он вел хозяйство в соответствии с уровнем научных знаний того времени. Ставил опыты, вел наблюдения, возражал против механического перенесения в Россию всего иноземного.

Мысль о проведении организованных исследований на специальных опытных полях и станциях была высказана выдающимся агрономом второй половины XIX в. А.А. Измаильским. Им написана книга «Как высохла наша степь».

Страстными пропагандистами организации сельскохозяйственных опытных полей в России были К.А. Тимирязев, Д.И. Менделеев, профессор Харьковского университета А.Г. Зайкевич.

В 1865 г. Полтавское общество сельского хозяйства подняло вопрос об организации Полтавского опытного поля (борьба с засухой), но организовано оно было только в 1884 г., впоследствии с 1909 г. преобразовано в Полтавскую опытную станцию.

Полтавскому опытному полю принадлежит заслуга выбора полевого метода, как основного приёма для решения вопросов сельскохозяйственного производства. Руководящей темой Полтавской опытного поля были вопросы борьбы с засухой.

В 1891 г. начинает работу Херсонское опытное поле, где работал выдающийся опытник того времени Ф.Б. Яновчик, посвятивший свою жизнь борьбе с засухой в условиях Херсона и степной части Украины. Им был сделан вывод о том, что ранняя и правильная паровая обработка почвы – мощное средство борьбы с засухой.

Другим старейшим опытным учреждением является *Одесское опытное поле*, организованное в 1896 г. В течение многих лет его директором был В.Г. Ротмистров. Он написал работу «Сущность засухи».

Им впервые были разработаны методы изучения корневой системы растений, определение влажности почвы, изобретен бур Ротмистрова.

В 1895 г. в Харьковской губернии возникает Ивановская сельскохозяйственная опытная станция и несколько опытных полей в свеклосеющих хозяйствах.

Несколько позже в 1902 году возникает сеть Киевских опытных полей сахарозаводчиков, где разрабатывается методика полевых опытов, сопровождающимися наблюдениями и анализами. Здесь была подтверждена высокая эффективность и рентабельность применения суперфосфата в рядки под сахарную свеклу.

Катастрофические неурожайные годы 1891-1892 гг. вызвали необходимость создания опытных станций и в засушливой степной зоне.

Так в последние десятилетия XIX века по проекту П.А. Костычева правительство организовало три опытных станции:

- 1) Батищевская опытная станция – в имении А.М. Энгельгардта в Смоленской губернии для изучения хозяйств подзолистой зоны;
- 2) Шатиловская опытная станция – в Орловской губернии для обслуживания хозяйств центрально-черноземной полосы;
- 3) Костычевская опытная станция – в Валуйках для изучения орошаемого земледелия в хозяйствах Юго-Востока России.

В 1903-1904 гг. в Среднем Поволжье была организована Безенчукская сельскохозяйственная опытная станция.

История сельскохозяйственного опытного дела ещё не написана и может сейчас читать лишь отдельные её страницы, представить имена тех представителей русской и зарубежной агрономической науки, которые внесли свой достойный вклад в разработку основ методики полевого опыта.

Это И.А. Стебут – председатель I Всероссийского съезда по методике опытного дела (1901 г.). он первым читал курс опытного дела в Петровской (ныне Тимирязевской) сельскохозяйственной академии.

А.П. Дояренко – разработал методику постановки опытного дела (повторность и т.д.)

Б.А. Доспехов – разработал организацию, методику и технику полевого опыта в производственной обстановке

Б.М. Смирнов – вопросы частной методики (размещение проб, количество проб с делянки и т.д.).

Н.Ф. Деревицкий – обосновал статистическую обработку данных по густоте и изреживаемости растений. Карл Пирсон – в 1893 г. ввел понятие среднее квадратическое отклонение.

Под влиянием В.С. Госсета писавшегося под псевдонимом "Стьюдента" разработал теорию малой выборки.

Рональдо Фишер разработал теорию экспериментирования и дисперсионный анализ.

#### **1.4. Современное состояние, организация и существующая сеть научных учреждений в РФ.**

Организация научно-исследовательской работы по сельскому хозяйству в России уделялось большое внимание.

На IX Всероссийском Съезде Советов (1921 г.) было указана необходимость организации в стране единого центра для руководства сельскохозяйственной наукой.

Такой центр был создан в 1929 г. в виде Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина (ВАСХНИЛ) и ряд институтов. В последующем ВАСХНИЛ переименовали в РАСХН.

На академию и её институты возложена научная координация и разработка основных проблем сельского хозяйства, организация и методическое руководство опытным делом.

В настоящее время существует следующая система исследовательских учреждений по сельскому хозяйству.

1. В составе РАН действует РАСХН с ведущими институтами;
2. Отраслевые научно-исследовательские институты и станции по важнейшим культурам;
3. Зональные научно-исследовательские институты;
4. Государственные комплексные опытные станции, организуемые во всех областях; ж
5. Государственные селекционные станции;
6. Государственные сортоиспытательные участки;
7. Опытные-показательные хозяйства и опытные поля.

#### **Список литературы**

##### *Основная литература*

1. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 110400 «Агрономии» /А.Ф.Дружкин, Ю.В.Лобачев, Л.П.Шевцова, З.Д.Ляшенко. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013.-283с.-ISBN 978-5-7011-0767-8.

2. Основы опытного дела в растениеводстве: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агрономия» и агроинженерным специальностям /В.В.Ещенко, М.Ф.Трифорова, П.Г.Копытько, А.М.Соловьев и др.-М.: «Колос», 2009. 268с. ISBN 978-5-9532-0711-9.

3. Литвинов С.С. Методика полевого опыта овощеводстве /С.С.Литвинов- М.: ГНУ ВНИИО, 2011-636.

4. Основы научных исследований в агрономии: учебник/ Б.Д.Кирюшин, Р.Р.Усманов, И.П.Васильев.- М.: «Колос», 2009,-398с.

#### Дополнительная литература

1. Основы научных исследований в агрономии: учебное пособие для студентов агрономических специальностей/ М.Н.Худенко, А.Ф.Дружкин, В.Б.Нарушев. и др.- Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»,2003.140с.-ISBN 5-7011-0335-8
2. Основы научной агрономии: учебное пособие/ Л.П.Шевцова, А.Ф.Дружкин, Н.Н.Кулева и др.; под ред. Л.П.Шевцовой; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- Саратов,2008,-150с. ISBN 978-5-9758-0697-7.
3. Практикум по основам научных исследований в агрономии/ В.В.Глуховцев, В.Г.Кириченко, С.Н.Зудилин.- М.: «Колос»,2006,-240с.

## Лекция 2

### Особенности условий проведения полевых опытов в растениеводстве и основные требования к ним

#### 2.1. Основные требования к полевому опыту

Особенность полевого опыта состоит в том, что культурные растения изучаются вместе со всей совокупностью почвенных, климатических и агротехнических факторов очень близких к производственным условиям или непосредственно в производственной обстановке. Ценность результатов и правильность выводов полевого опыта зависит от соблюдения следующих важнейших методических требований:

1. Типичность опыта;
2. Соблюдения принципа единственного различия;
3. Проведение опыта на специально выделенном участке;
4. Учет урожая и достоверность опыта по существу.

1. Типичность опыта.  
Под типичность (или репрезентативностью) полевого опыта понимают соответствие его проведения почвенно-климатическим (природным) и агротехническим условиям данного района или зоны. Любой полевой опыт должен отвечать требованию почвенно-климатической типичности.

А) Итак должно соблюдаться первое условие – соответствие почвенно-климатических условий. Оно достигается без особых трудностей. Например, то, что агроприемы и сорта для Сибири и Урала следует изучать в почвенно-климатических условиях этой зоны и не в условиях Казахстана и Поволжья, это ясно.

Б) Что касается второго условия – соответствие производственно-агротехнической типичности, то оно в различных полевых опытах выполняется по-разному. Полностью это требование выполняется в опытах, которые проводятся непосредственно в производственных условиях.

В) Третье условие типичности полевого опыта – требование проводить исследования с сортами и гибридами для данной зоны включаемых в Государственный реестр. Случайные сорта и гибриды искажают результаты исследований.

Г) И, наконец, к типичным относится требование проведения полевого опыта при общем высоком уровне технологии. Опыты при низком уровне агротехники не имеют производственной ценности.

#### 2. Принцип единственного различия.

При постановке полевого опыта необходимо соблюдать единство всех условий, кроме одного - изучаемого. Это очень важное и обязательное требование методики называют принципом единственного различия. Он должен строго соблюдаться в опытной работе.

Сущность этого принципа заключается в том, что при проведении полевого опыта разнообразны лишь изучаемые, исследуемые факторы, а не изучаемые (производственно-агротехнический фон) должны быть одинаковые.

Принцип логически единственного различия не следует понимать механически. Поясню на примере.

В опыте сравниваются два гибрида кукурузы, которые вследствие биологических особенностей по-разному реагируют на густоту стояния растений. Казалось бы для сравнения урожайности этих гибридов необходимо применять одинаковую норму посева. Но так как они разноспелые, то их нельзя высевать одинаковой нормой и

заведомо бы один гибрид оказался в невыгодных для сравнения условиях. Поэтому более правильно сравнивать эти гибриды не при одинаковых, а при оптимальных для каждого гибрида нормах посева. Следовательно, принцип единообразия должен пониматься как принцип целесообразности и оптимальности.

### 3. Проведение опыта на специально выделенном участке.

Требование проведения полевого опыта на специально выделенном участке с хорошо известной историей – это логическое продолжение требования принципа единственного различия. Оно также обязательно для любого полевого опыта.

Описывают историю участка, учитывают все, что предшествовало моменту изучения и закладки полевого опыта: предшественники, обработку почвы, удобрения и многое другое, особенно то, что нарушает однородность участка – засыпанные ямы, канавы, остатки строений, стоянки скота, старые грунтовые дороги и т.д.

В значительной степени искажают результаты опыта сильная засоренность участка, особенно куртинами злостных сорняков – пырей, осот.

40-50 м от построек;

5-10 м от проезжих дорог.

В практике опытного дела это требование методики нередко игнорируют, опыты закладывают на участке, история которых неизвестна, отсюда результаты исследований нельзя использовать. Требование методики проводить опыты на специально выделенном участке часто нарушают производственники. Они ставят опыты на целых полях севооборота (а нужно на специально выделенном однообразном участке) с разной историей и не одинаковыми условиями.

### 4. Учет урожая и достоверность опыта по существу

Урожай и качество сельскохозяйственных растений – главный объективный показатель при характеристике изучаемых в опыте вариантов.

Только по результатам учета урожая, который интегрирует и отражает действие всех изучаемых условий возделывания возможно количественно установить влияние изучаемых факторов.

По достоверностью опыта по существу понимают логически правильно постоянную схему и методику проведения опыта, соответствие их постановленным перед исследованиям задачам, правильным выбором объекта и условий проведения данного опыта.

Вполне очевидно, что полевые опыты, проведенные по неправильным разработанной схеме и методике, с нарушением всех перечисляемых требований искажают результаты исследований и не могут использоваться для их сравнительной оценки.

При проведении опыта экспериментатор встречается с тремя видами ошибок – случайными, систематическими и грубыми.

Ошибка – это расхождение между результатами выборочного наблюдения и истинным значением измеряемой величины.

Случайные ошибки – это ошибки возникающие под воздействием очень большого числа факторов, эффекты действия которых столь незначительны, что их нельзя выделить и учесть в отдельности. Основные причины возникновения случайных ошибок – неоднородность плодородия почвы опытного участка, механические повреждения, поражение растений болезнями, вредителями, технические ошибки и т.д. Они имеют место при проведении любого опыта, их нельзя устранить полностью, но совершенствованием техники и методики эксперимента можно свести к минимуму. Характерной особенностью случайных ошибок – способность взаимно поглощаться в

результате одинаковой вероятности положительных и отрицательных значений. Благодаря этому при обобщении данных и выведению средних показателей погрешности уменьшается с увеличением числа наблюдений.

Систематические ошибки – искажают измеряемую величину в сторону увеличения или уменьшения в результате определенной постоянной причины, например – плодородие почвы. Основную особенность систематических ошибок составляет их однонаправленность, они или завышают или занижают результат.

Различают три вида систематических ошибок:

1. Ошибка, распространяющаяся на все варианты полевого опыта;
2. Ошибка повторений, блоков;
3. Ошибка, затрагивающая лишь отдельные варианты опыта.

Первые два вида ошибок хотя и искажают результаты опыта, но не нарушают их сравнимости вариантов. Более серьезны и опасны ошибки третьего вида.

Кроме случайных и систематических ошибок можно допустить еще одну категорию ошибок – грубые ошибки. Они возникают чаще всего в результате небрежного или неумелого выполнения работ. Например, испытатель по небрежности дважды внес удобрения на одну и ту же делянку, неправильно записал массу урожая и т.д. При такой категории ошибок опыт бракуется.

## **2.2. Виды полевых опытов, их производственное и научное значение.**

Все виды полевых опытов делятся на две большие группы:

- 1) Агротехнические;
- 2) Опыты по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур.

Основная задача агротехнических опытов заключается в сравнении и объективной оценке действия различных факторов жизни, условий, приёмов возделывания и их сочетаний на урожай и качество сельскохозяйственных растений. Сюда относятся полевые опыты по изучению предшественников, доз удобрений, норм посева, способов борьбы с вредителями, болезнями и сорной растительностью и т.д.

В опытах по сортоиспытанию при одинаковых условиях сравнивают генетически различные растения для объективной оценки сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. На основании этих опытов наиболее перспективные и урожайные сорта районировать и внедряют в производство.

Полевые опыты по сортоиспытанию проводятся в НИИ и опытных станциях. Кроме того в стране имеются большая сеть сортоучастков. Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. В качестве основных показателей различий между сортами используются урожайность и качество продукции.

Далее в зависимости от количества изучаемых факторов, длительности проведения опытов и охвата почвенно-климатических условий полевые опыты также подразделяются на несколько видов:

- а) Однофакторные и многофакторные;
- б) Единичные и массовые (географические);
- в) Краткосрочные, многолетние, длительные;
- г) Опыты заложенные на специальных опытных полях и в производственной обстановке.

а) Опыт называется однофакторным или простым если в нем изучают действие одного простого или сложного (составного) количественного фактора с несколькими градациями – дозы удобрений, пестицидов, гербицидов, норм полива, посева и т.д. В

однофакторном опыте сравнивается и действие ряда количественных факторов таких как, разные сорта, гибриды, способы обработки, предшественники.

Например: I Сорта 1-стандарт, 2 В, 3 С, 4 Д; нормы высева – 1-3 млн., 2-4 млн., 3-5 млн., 4-6 млн. всхожих семян.

Многофакторные опыты – это такие опыты в которых одновременно изучают действие и взаимодействие двух и более факторов.

Взаимодействие факторов это дополнительная прибавка или снижение урожайности от применения двух и более факторов.

Различают положительное взаимодействие, когда прибавка от совместного применения факторов больше и отрицательное взаимодействие когда оно меньше арифметической суммы прибавок от раздельного их применения.

Величина и характер взаимодействия факторов устанавливается только в многофакторных опытах спланированных по схеме полного факторного эксперимента ПФЭ.

Пример ПФЭ два фактора в двух градациях ( $2 \times 2 = 4$ ).

Обычная обработка - контроль удобрения

Глубокая обработка – контроль удобрения

При исключении из этого опыта любого ("второстепенного") варианта и схема становится не полной не факториальной.

**б)** Опыты называются единичными\_если их закладывают в нескольких (отдельных) пунктах по различным схемам.

Опыты называют массовыми (географическими) если они одинакового содержания, проводятся одновременно по согласованным схемам и методикам в различных почвенно-климатическим и хозяйственных условия в масштабах страны, области, района.

в) Краткосрочные опыты – опыты продолжительностью от 3 до 10 лет.

Они могут быть нестационарными, которые закладываются ежегодно по неизменной схеме с одной и той же культурой на новых участках и повторяют во времени 3-4 года.

Стационарные опыты закладывают на стационарных участках и проводят в течение 4-10 лет.

К многолетним опытам относят как однофакторные так и многофакторные полевые опыты продолжительностью 10 – 50 лет.

Длительные опыты более 50 лет.

Многолетние и длительные опыты позволяют изучить медленно протекающие в почве и агрофитоценозах физико–химические процессы, баланс питательных веществ, условия загрязнения окружающей среды и т.д.

Многолетние и длительные опыты широко используются для решения фундамент

**г)** Опыты заложенные на специальных опытных полях и в производственной обстановке.

И наконец, по месту проведения подразделяют опыты, заложенные на специально организованных участках и опытных полях и полевые опыты заложенные в производственной обстановке в колхозах и совхозах.

Производственный сельскохозяйственный опыт следует отличать от полевого опыта. Производственный сельскохозяйственный опыт – это комплексное научно-поставленное исследование, которое проводится непосредственно в производственной обстановке и отвечает конкретным задачам самого материального производства, его постоянного развития и совершенствование

### 2.3. Особенности условий проведения полевых опытов и причины варьирования урожайности на них.

Теперь остановимся на основных особенностях проведения полевого опыта. Наиболее характерные особенности условий проведения полевого опыта следующие:

1) Сильная изменчивость (вариация) и неоднородность неконтролируемых ( $t^{\circ}$ , силы ветра, солнечная радиация, продолжительность дня и т.д.) внешних факторов роста и развития растений.;

2) Сезонность, а отсюда медленность получения информации методом полевого опыта;

Сильная вариация метеорологических условий по годам проведения эксперимента;

3) Неоднородность почвенного плодородия земельных участков, где закладываются опыты.

Вот этим особенностями и сложными нестабильными природными условиями полевой опыт отличается от лабораторного, инженерного и других типов сравнительных экспериментов.

В зависимости от почвенно-климатических условий вегетационного периода даже на одном и том же земельном участке при одинаковой агротехнике одной и той же культуры (сорта) эффективность изучаемых факторов сильно колеблется по годам.

Какова же причина варьирования урожайности?

1) К первой причине варьирования урожайности можно отнести технические ошибки при проведении опыта

Площади делянок неодинаковы, глубина вспашки..., неодинаковые потери урожая при уборке.

2) Другой причиной варьирования является индивидуальная изменчивость растений.

3) Третьей причиной варьирования урожайности делянок дробного учета является повреждение растений болезнями и вредителями и механические повреждения. Изреженность сахарной свеклы и т.д.

4) Наконец, четвертой причиной варьирования урожайности делянок дробного учета является неоднородность плодородия почвы в пределах опытного участка.

Это наиболее важный показатель варьирования, поэтому остановимся на нем более подробно.

Территориальная изменчивость почвенного плодородия лежит в основе современных методов размещения вариантов.

Общая особенность территориальной изменчивости состоит в том, что наряду со случайными варьированием наблюдается систематическое (закономерное) варьирование плодородия почв и урожайности по делянкам.

Случайное варьирование заключается в том, что урожайность делянок дробного учета колеблется вокруг среднего значения. Причем характер этих колебаний не меняется при переходе от одной делянки к другой, а разница между выборками средними, статистически несущественны.

Закономерное варьирование сводится к тому, что разности между выборками средними отдельных делянок дробного учета статистически существенны. При закономерном варьировании переход от одной делянки к другой характеризуется более высоким или наоборот, более низким уровнем плодородия,

Особенно четко характер территориальной изменчивости плодородия проявляется при графическом изображении в виде "профилей" или "рельефов" плодородия с использованием метода скользящей средней для сглаживания случайного варьирования поделочных урожаев. Берутся деланки, расположенные в один ряд в той последовательности, в какой они размещались на земельных участках. Фактические данные показаны в виде ломаных линий, а профили плодородия - в виде плавных кривых, скользящих средних. Эти кривые дают представления о "профилях" земельных участков. На эту более или менее закономерную систематическую изменчивость плодородия как бы накладывается случайное варьирование - направленные вверх и вниз "пики" ломаных линий фактической урожайности.

Таким образом наличие закономерной изменчивости плодородия почв опытных участков создает определенные трудности для экспериментальной работы и применение статистических методов обработки данных. Наличие этой закономерности по распределению урожайности не всегда подчиняется закону нормального распределения которой является теоретической основой правильного применения статистических методов обработки результатов опыта и метода дисперсионного анализа. Это затруднение преодолевается рендомизированным размещением вариантов по деланкам полевого опыта.

#### **2.4.Выбор и подготовка земельного участка под опыт.**

Успешное проведение полевого опыта в сильной мере зависит от особенностей участка на котором ставят опыт. Поэтому выбору участка для опытов необходимо уделить пристальное внимание

Основные требования, которые предъявляются к земельному участку под опыт – типичность или репрезентативность. Типичность участка должна соблюдаться, прежде всего в отношении почвы и водного режима (осадки, грунтовые воды) и быть характерной для данного района. Отсюда вытекает второе требование к опытному участку – однородность его почвенного покрова.

Выделить однородный, типичный земельный участок для опыта бывает довольно трудно. Поэтому, чтобы правильно это сделать, необходимо тщательно изучить его историю провести почвенное обследование, изучить рельеф, микрорельеф, засоренность и учесть ряд возможных случайных факторов.

Закладывать опыт на участках, история которых неизвестна – нельзя. Поэтому необходимо убедиться, что в последние 3-4 года на этом участке постоянно высевали одну культуру (а не разные в течение года), применяли единую систему обработки почвы, удобрения, гербициды, хотя по годам и обработка почвы, и предшественники и удобрения могут быть различными.

. Почвы опытного участка должны принадлежать к почвенной разности, имеющий широкое распространение в районе деятельности опытного учреждения. Только в этом случаи можно говорить о почвенной типичности опыта. Чтоб правильно решить этот вопрос, необходимо воспользоваться почвенной картой, а при её отсутствии, необходимо провести детальное изучение почвы в масштабе 1:5000 или 1:1000.

Почва опытного участка должны быть однородной. Если нельзя выбрать однородный почвенный участок, то можно ограничатся однородностью почвы в пределах каждого отдельного повторения.

Для определения почвенной разности степени однородности почвы и глубины залегания грунтовых вод используют обычные методы – почвенные разрезы (шурф) и

прикопки. По ним определяют: 1) тип почвы; 2) её механический состав; 3) глубину вскипания; 4) мощность гумусового горизонта и содержание гумуса, N, P, K; 5) поглотительные свойства и кислотность почвы; 6) водно-физические свойства.

Таким образом, обследование почвенного участка проводится с целью выявления почвенной однородности и для наилучшего расположения вариантов в полевом опыте.

Н.Ф. Деревицкий (1968 г.) отмечает, что в руководствах по методике опытного дела указывают: опытный участок должен быть горизонтальным или иметь однообразный незначительный уклон в одном направлении. Эти указания совершенно неправильны.

Рельеф любой местности складывается из водоразделов, склонов, пойм. Поэтому для того чтобы опыты с какой-либо культурой были типичны, необходимо их располагать на том элементе рельефа, на котором она возделывается.

Для большинства опытов предпочтительны ровный или с небольшим однообразным уклоном участок (1-2,5 м на 100 м  $i = 0,01 - 0,025$ ). В опытах с самотечным орошением наилучшие условия для увлажнения почвы создаются при  $i = 0,005$  до  $0,01$ .

Наряду с микрорельефом при выборе земельного участка необходимо учитывать и микрорельеф: блюдца, бугорки, мелкие ложбинки овальные и развальные борозды и т.д.

Предварительное изучение истории опытного участка, его почвенного покрова дают ориентировочное представление о земельном участке.

Состояние почвенного плодородия и его пестроту изучают при помощи уравнильного и рекогносцировочного (разведочный или аналитический) посевов.

Уравнильным посевом называют сплошной посев какой-либо культуры, проведенной по всей площади выбранного участка для повышения однородности почвенного плодородия. Этот посев отличается от обычного хозяйственного тем, что все технические операции на площади будущего опыта проводят на более высоком агротехническом уровне. С помощью уравнильных посевов, если их применяют в течение нескольких лет подряд удается в некоторой степени устранить пестроту земельного участка, вызванную последствием агротехнических приёмов.

В производственных условиях подготовка и изучение участка включает обычно один – реже два уравнильных посева. последний по счету уравнильный посев учитывают дробно, отдельными, возможно мелкими делянками. Этот посев называют рекогносцировочными.

Рекогносцировочный или разведочный посев – это сплошной посев одной культуры, предшествующий закладке опыта и проводимый для выявления степени однородности почвенного плодородия на площади опыта путем дробного учета урожая одинаковыми делянками.

Цель рекогносцировочного посева:

Отобразить пестроту поля;

Отобразить направление изменчивости плодородия;

Выделить более однородные участки по плодородию.

Следовательно, рекогносцировочный посев развивает и детализирует глазомерную оценку пестроты уравнильного посева.

Для рекогносцировочных посевов наиболее пригодны яровые зерновые (овес, ячмень, пшеница), а также пропашные – картофель, корнеплоды. Непригодна для этой цели озимые – они выпадают и снижают результаты.

Для более надежной характеристики почвенного плодородия опытного участка применяют поделяночный учет урожая рекогносцировочного посева. способ этот называют дробным учетом. Цель дробного учета: 1) определить размеры делянок;

2)определить форму делянок;

3)определить повторение и расположение делянок с тем, чтобы возможно лучше охватить разное плодородие участка.

Во всяком случае размер делянок для дробного учета не должен превышать ориентировочного размера проектируемых делянок будущего опыта. Почвенное плодородие лучше характеризуют мелкие делянки (около 10м<sup>2</sup>).

При дробном учете взвешивают только подземную массу в период молочно-восковой спелости зерновых, или убирают в период полной спелости и учитывают урожай всей массы и отдельного зерна.

Если распределение урожаев дробного учета приближается к нормативному, это указывает на достаточную однородность плодородия почвы.

Очень часто эмпирическая кривая не совпадает с кривой нормального распределения. В таких случаях размеры опытного участка уменьшают с таким учетом, чтобы на однородных землях уместился весь опыт или его отдельные повторения.

Наиболее надежный способ решения вопроса о форме, размере делянок повторности и системе расположения вариантов – наложение на дробный учет так называемых условных опытов с различной повторностью и делянками различной величины и формы. Результаты условных опытов обрабатывают методом дисперсионного анализа и рассчитывают ошибки средних арифметических для опытов которые планируют заложить. Отсутствие дробного учета рекогносцировочного посева не может служить препятствием применению правильной методики полевого опыта. Поэтому не случайно в нашей стране и за рубежом высказываются обоснованные сомнения в целесообразности новых дробных учетов, которые сопряжены со значительными материальными расходами.

Для закладки полевого опыта и правильного выбора участка достаточно провести почвенное обследование, нивелировку, изучать историю поля, дать визуальную оценку изменчивости плодородия на уравнительном или хозяйственном посеве.

## Список литературы

### *Основная литература*

1.Основы научных исследований в растениеводстве и селекции: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 110400 «Агрономии» /А.Ф.Дружкин, Ю.В.Лобачев, Л.П.Шевцова, З.Д.Ляшенко. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»,2013.-283с.-ISBN 978-5-7011-0767-8.

2.Основы опытного дела в растениеводстве: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агрономия»и агроинженерным специальностям /В.В.Ещенко,М.Ф.Трифорова,П.Г.Копытько,А.М.Соловьев и др.-М.: «Колос»,2009.268с.ISDN 978-5-9532-0711-9.

3.Литвинов С.С. Методика полевого опыта овощеводстве /С.С.Литвинов- М.:ГНУ ВНИИО,2011-636.

4.Основы научных исследований в агрономии: учебник/ Б.Д.Кирюшин, Р.Р.Усманов, И.П.Васильев.- М.: «Колос»,2009,-398с.

### *Дополнительная литература*

1.Основы научных исследований в агрономии: учебное пособие для студентов агрономических специальностей/ М.Н. Худенко, А.Ф. Дружкин, В.Б. Нарушев. и др.- Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»,2003.140с.-ISBN 5-7011-0335-8

2. Основы научной агрономии: учебное пособие/ Л.П.Шевцова, А.Ф. Дружкин, Н.Н.Кулева и др.; под ред. Л.П.Шевцовой; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- Саратов, 2008, -150с. ISBN 978-5-9758-0697-7.

3. Практикум по основам научных исследований в агрономии/ В.В.Глуховцев, В.Г.Кириченко, С.Н.Зудилин.- М.: «Колос», 2006, -240с.

### Лекция 3

## Научное содержание основных элементов методики полевого опыта в растениеводстве

### 3.1. Понятие о методика полевого опыта и слагающих её элементов

Полевой опыт ставят на делянках различной величины и формы.

Опытная делянка - это часть площади опытного участка определенного размера и формы. Она предназначена для размещения на ней варианта опыта, то есть какого-либо изучаемого фактора, например технологический прием, сорт, растение.

Под вариантом опыта понимают определенную совокупность приемов возделывания растений.

Схема опыта – это совокупность всех вариантов, входящих в него и сравниваемых между собой.

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

При постановке любого опыта необходимо разрабатывать его методику таким образом, чтобы опыт был типичен (репрезентативен) и свободен от односторонних (систематических) ошибок.

Часто считают, что для постановки любого опыта существует лишь одна какая-то лучшая методика. В действительности для любого опыта можно запроектировать десятки равноценных методик и затем выбрать наиболее удобную в данных конкретных условиях.

При постановке любого опыта его методику определяют в значительной степени два обстоятельства:

- А) Содержание опыта;
- Б) Участок на котором ставят опыты.

Содержание опыта определяется, прежде всего, числом его вариантов. Это первая заданная величина при постановке опыта. Далее, содержание опыта, (т.е. вопросы, в нем изучаемые) определяют минимальный размер делянок.

Второе обстоятельство, определяющее методику полевого опыта – это отводимый под него опытный участок.

Здесь необходимо различать два случая:

- 1) ограниченный опытный участок;
- 2) неограниченный опытный участок.

1) под опыт, как правило, отводят определенный участок и методика опыта должна приспособливаться к его величине и форме. Могут быть случаи, когда при заданной величине и форме участка вообще не может быть поставлен опыт с указанным числом вариантов при соответствующей величине и повторности делянок.

2) Другая картина – площадь под опыт неограниченна, как например, при постановке опыта в производстве. Здесь возможно применение неограниченного числа различных методик одинаково хорошо достигающих цели, но в этом случае необходимо знать степень пестроты плодородия почвы.

Следовательно, при постановке каждого конкретного опыта необходимо иметь следующие исходные данные о будущем опыте: а) число вариантов, б) минимальный

размер делянки; с) возможный размер опытного участка; д) степень пестроты почвенного плодородия.

Располагая этими данными необходимо наметить остальные элементы методики: величину делянки, форму её, повторность, расположение опыта и т.д. Для этого необходимо знать, как влияет каждый элемент методики на типичность опыта.

Планируя опыт, не следует забывать о том, что урожайность должна быть учтена в сжатые сроки со всей учетной площади каждой делянки. Поэтому, чтобы правильно решить вопрос о методике конкретного опыта, т.е. наметить величину, форму, направление делянок, повторность, систему расположения вариантов, необходимо ознакомиться с влиянием каждого элемента методики на достоверность полученных результатов

### **3.2. Влияние основных элементов методики полевого опыта (число вариантов, повторности повторения, площадь, формы и направления делянки) на ошибку экспериментов**

Число вариантов в схеме опыта является заданной величиной и всецело зависит от его содержания, т.е. тех задач, которые в данном опыте решаются. Типичность опыта не зависит от числа вариантов, поэтому этот элемент методики рассмотрим со стороны влияния его на ошибку эксперимента.

Многочисленные исследования с полной очевидностью показывают, что с увеличением числа вариантов, при прочих равных условиях резко возрастает его ошибка.

С увеличением числа вариантов увеличивается площадь под опытом, возрастает пестрота почвенного плодородия и расстояние между сравниваемыми вариантами. В этом случае опыт (или его отдельные повторения) труднее уложить в пределах однородной почвенной площадки. Все это и ведет к увеличению ошибки эксперимента.

Следует отметить, что с увеличением числа вариантов более 12-15 на участках с закономерной территориальной изменчивостью плодородия почвы значительно увеличивается ошибка эксперимента. На участках со случайным варьированием почвенного плодородия при увеличении числа вариантов с 6 до 50 ошибка также возрастает, но значительно меньше.

При разработке схемы опыта необходимо очень осторожно увеличивать число вариантов. Опыты с большим числом вариантов требуют более сложных методов постановки, например:

- 1) Введение в каждое повторение двух-трех контрольных вариантов;
- 2) Использование метода расщепленной делянки;
- 3) Использование метода смешивания м т.д. (метод решетки – в селекции).

В настоящее время установлено, что оптимальное количество вариантов в опыте не должно превышать 12-16 и соответственно 60-64 делянки.

Если число вариантов очень мало, например 2-3, то в этом случае необходимо увеличить повторность, с тем, чтобы сделать обоснованные выводы.

Следует отметить, что при более крупных делянках увеличение числа вариантов сильнее увеличивает ошибку опыта, чем при делянках меньшего размера. Это положение так же необходимо учитывать при планировке методики полевого опыта.

### **3.3. Значение повторности для повышения достоверности опыта**

Исторически, в процессе развития опытного дела, повторность первоначально применялось, как средство контроля результатов опыта. Рядом с основным опытом

ставили второй такой же контрольный опыт. Если вывода из основного и контрольного опыта совпадали, то все обстояло благополучно. Хуже получалось в том случае, если эти опыты противоречили друг другу. Отсюда появилась мысль о необходимости постановки кроме основного опыта ещё двух контрольных, т.е. опыты ставились в трехкратной повторности. Это давало возможность при разноречивости показателей опытов решать вопрос большинством голосов.

Параллельно в математической статистике разрабатывалась теория случайных ошибок. Согласно этой теории положительные и отрицательные случайные ошибки возникают одинаково часто. При большом числе повторных наблюдений они могут компенсироваться. Следовательно, чтобы получить достоверное представление об урожайности того или иного варианта, необходимо делянку с этим вариантом повторить несколько раз.

### **3.3. Значение повторности для повышения достоверности эксперимента.**

Повторностью опыта на территории называют наличие числа одноименных делянок каждого варианта.

Повторные делянки дают возможность полнее охватывать каждый вариант опыта пестроту земельного участка, кроме того, получить более устойчивые и достоверные средние об урожайности.

При увеличении повторности резко снижается ошибка опыта особенно сильно она снижается при увеличении повторности до 4-6-ти кратной, дальнейшее повышение повторности незначительно уменьшает ошибки экспериментов.

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

Большую часть простых однофакторных и многофакторных экспериментов с качественными вариантами (сорта, предшественники, севообороты и т.д.) проводят при 4-6 кратной повторности.

6-8-кратную повторность применяют в случаях с наибольшими делянками (2-10 м<sup>2</sup>) и пестрым почвенным плодородием земельных участков.

Повторность свыше 8-кратной используют только для доказательства незначительных эффектов вариантов (стимуляторы роста, микроудобрения).

Многофакторные многовариантные опыты можно проводить в 2-3-кратной повторности.

Эксперименты без повторности допустимы в предварительных, рекогносцировочных и демонстрационных опытах.

Результаты полевого опыта сильно зависят от метеорологических условий года. Поэтому, для получения надежных результатов наряду с повторностью опыта на территории необходимо повторять полевые опыты во времени.

Повторностью опыта во времени называют число лет испытаний новых агротехнических приёмов или сортов.

Повторение опытов во времени, с одной стороны – повышает достоверность выводов;

С другой – дает возможность получить ценную информацию в различные года: сухие, нормальные, влажные и т.д.;

С третьей – многие агротехнические приёмы (удобрения, углубление пахотного слоя, предшественники, севообороты и т.д) имеют длительное последствие и требуют повторение опыта во времени.

Полевые опыты располагают на площади земельного участка методом организованных повторений. Суть его в том, что делянки всех вариантов объединяют на территории в компактную группу, которая занимает часть площади участка.

Итак, организованное повторение - часть площади опытного участка, включающие полный набор вариантов схемы опыта.

В настоящее время большинство опытов ставят методом организованных повторений. Дело в том, что в условиях полевого опыта различия в плодородии почвы внутри повторения значительно меньше, чем между повторениями.

На земельном участке опыты могут размещаться и без объединения вариантов в компактную группу, а совершенно случайно.

Такое размещение называют методом неорганизованных повторений или полной рендомизацией.

Его используют в редких случаях, когда не ставят под контроль возможное закономерное варьирование условий эксперимента.

Известны два способа размещения организационных повторений: сплошное и разбросное.

При сплошном размещении все повторения объединены территориально.

При разбросном размещении повторения по одному или по несколько расположена в разных частях поля или даже в различных полях. Опытный участок в этом случае не имеет общие границы. Этому способу расположения повторений прибегают или вынужденно, когда нет возможности расположить опыт в одном месте или умышленно, например, в опытах по изучению эрозии почвы и т.д.

Обычно все повторения полевого опыта размещают на одном участке в один, два и больше ярусов.

Таким образом, размещение повторности методом организованных повторений позволяет:

- 1) Уточнить среднее по вариантам;
- 2) Контролировать значительную часть территориальной изменчивости почвенного плодородия;
- 3) Уменьшить ошибки опыта.

### **3.4. Планирование основных элементов методики полевого опыта, учетов и наблюдений.**

Важной составной частью методики полевого опыта является площадь делянки. Делянки вообще служат для размещения на них вариантов. Возникает вопрос, какие размеры опытных делянок являются лучшими?

Сторонники больших делянок от 1000 м<sup>2</sup> до 1-2 га обосновывали применение их тем, что при этом нивелируется пестрота почвенного плодородия и якобы выдерживается производственная точность. Однако это не так.

При условии больших делянок не достигается выравнивание почвенного плодородия на всем опытном участке, так как резко увеличивается площадь всего опыта, соседние делянки разных вариантов попадают в разные условия рельефа и почвы. Поэтому во всех странах крупные делянки применялись в начальной стадии развития опытного дела.

Сейчас крупные делянки вытесняют более мелкие, которые позволяют проводить исследования экономнее, быстрее и в большом объеме.

Многочисленные дробные учеты рекогносцировочных посевов показали, что результативность опыта повышается по мере увеличения размера делянки примерно до 100 м<sup>2</sup>. Дальнейшее увеличение площади делянки незначительно повышает, а затем даже снижает достоверность опыта.

Принято проектировать опытные делянки с таким расчетом, чтобы как можно полнее проводить все работы, включая и уборку урожая с максимальной механизацией.

В практике опытного дела в нашей стране широко используют делянки размером 50 – 200 м<sup>2</sup>, а на первоначальных этапах исследовательской работы 10 – 50 м<sup>2</sup>. Делянки менее 10 м<sup>2</sup> обычно применяют в микрополевых опытах при селекции новых сортов, когда очень важно экономить посевной материал.

Величина опытной делянки зависит также от особенности биологии и технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Для пропашных культур минимальный размер делянок должен исключить влияние изменчивости отдельных растений на достоверность опыта. Для этого необходимо как минимум 80 – 100 растений; для картофеля достаточно 40 – 50; для кукурузы 60 учетных растений на делянке.

Так для льна площадь учетной делянки – 20 – 25 м<sup>2</sup>, для зерновых 40-60 м<sup>2</sup>, для пропашных 50-100 м<sup>2</sup>.

Размер опытной делянки зависит и от степени и характера почвенного покрова. На пестрых по плодородию участках нецелесообразно увеличивать размер делянок. В этих случаях лучше увеличить число повторений при этом значительно уменьшаются ошибки эксперимента.

Проведение опытов в условиях производства также не дает основания к значительному увеличению размера делянки. Площадь делянки варьирует в широких пределах – от 1000 до 3000 м<sup>2</sup> и больше. Одним словом она должна быть такой, чтобы не нарушать типичность агротехнических приемов и уровень механизации данного района и хозяйства.

Крупная делянка имеет преимущество перед небольшой только при проводящей многолетних опытов, когда изучение новых приёмов или факторов не предусматривалось при закладке опытов. В этом случае большую делянку можно расщепить на несколько более мелких и на них заложить дополнительные варианты.

Поэтому многолетние многофакторные опыты целесообразно закладывать на делянках 200-300 м<sup>2</sup>, с тем чтобы их при необходимости расщепить на делянки площадью 50-100 м<sup>2</sup>.

В каждой делянке различают следующие площади: посевная делянка в целом, учетную которую учитывают при изучении опытного варианта и не учетную, которая является защитной площадью (сокращенно – защита) от всевозможных посторонних влияний – дорожек, растений соседних делянок и т.д.

Различают боковые и концевые защитные полосы.

В большинство случаев ширину боковой защиты (её убирают перед уборкой) устанавливают в пределах 0,5-1,5 м. В опытах с орошением или с различными гербицидами ширину защиты увеличивают до 2-3 и более м.

Для предохранения учетной части делянки от случайных явлений выделяют концевые защиты – не меньше 2 м.

Достоверность опытных данных во многом зависит от направления делянок, т.е. от расположения (ориентации) их на опытном участке

Правильная ориентация считается такой, когда опытные делянки длиной стороной располагаются в том же направлении, в каком сильнее всего изменяется почвенное плодородие участка.

В этом случае все варианты опыты находятся в одинаковых условиях сравнения, результаты исследований будут неискаженные.

Установлено, что плодородие почвы наиболее сильно варьирует вдоль склона. Поэтому при расположении опыта на склоне делянки следует располагать длинной стороной не поперек, а только вдоль склона.

Что касается закладки опыта на выровненных (не плодородных) участках, то здесь направление делянок не оказывают никакого влияния на достоверность полученных результатов (а направление делянок длинной стороной по направлению с севера на юг).

Под формой делянки обычно понимают соотношение её сторон: отношение длины к ширине.

Делянки называют квадратными. Если отношение сторон равно 1 (10x10) (5x5);

Прямоугольными – при отношении длины к ширине: более 1, но менее 10 (5x20) (4x20);

Удлиненные делянки – при отношении длины к ширине более 10 (25x40) (4x60).

Крупным недостатком узких делянок по сравнению с прямоугольными и квадратными является их большой периметр.

Достоверность опыта сильнее проявляется от удлинения делянок при соотношении сторон в пределах 1:10 – 1:15. Дальнейшее удлинение не дает большого преимущества и бывает целесообразным лишь с точки зрения технологического удобства: при постановке опытов со сроками, способами и нормами посева и т.д.

Этот пример наглядно показывает что, площадь защитных полос на удлиненных делянках значительно больше, чем на делянках прямоугольной и квадратной формы.

В большинстве стационарных полевых опытов с площадью делянки 20 – 200 м<sup>2</sup> применяют делянки с соотношением длины к ширине как 5-10:1, т.е. длина превышает ширину в 5-10 раз.

В опытах на делянках большого размера длина обычно превышает ширину в 10-20 раз.

При закладке полевого опыта ширину делянки целесообразно устанавливать кратной ширине захвата сельскохозяйственных машин, особенно посевных и уборочных.

Квадратная форма делянки предпочтительнее прямоугольной и вытянутой в опытах, где соседние делянки могут сильно влиять друг друга. Далее, при изучении химических средств борьбы с вредителями и болезнями также предпочтительнее делянки квадратной формы. Вредителям и грибам труднее мигрировать на соседние варианты. Путь их длиннее, чем из центра прямоугольной и вытянутой делянки.

Однако следует отметить, что при больших схемах опыта и величине делянки более 100 -200 м<sup>2</sup> имеет смысл придать ей удлиненную форму с соотношением сторон более 10.

Что касается формы опытного участка в целом, то здесь предпочтение отдается форме близкой к квадрату.

## Список литературы

### *Основная литература*

1. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 110400 «Агрономии» /А.Ф.Дружкин, Ю.В.Лобачев, Л.П.Шевцова, З.Д.Ляшенко. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013.-283с.-ISBN 978-5-7011-0767-8.

2. Основы опытного дела в растениеводстве: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агрономия» и агроинженерным специальностям /В.В.Ещенко, М.Ф.Трифонов, П.Г.Копытько, А.М.Соловьев и др.-М.: «Колос», 2009. 268с. ISBN 978-5-9532-0711-9.

3. Литвинов С.С. Методика полевого опыта овощеводстве /С.С.Литвинов- М.:ГНУ ВНИИО, 2011-636.

4. Основы научных исследований в агрономии: учебник/ Б.Д.Кирюшин, Р.Р.Усманов, И.П.Васильев.- М.: «Колос», 2009,-398с.

### *Дополнительная литература*

1. Основы научных исследований в агрономии: учебное пособие для студентов агрономических специальностей/ М.Н.Худенко, А.Ф.Дружкин, В.Б.Нарушев и др.- Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. 140с.-ISBN 5-7011-0335-8

2. Основы научной агрономии: учебное пособие/ Л.П.Шевцова, А.Ф.Дружкин, Н.Н.Кулева и др.; под ред. Л.П.Шевцовой; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- Саратов, 2008,-150с. ISBN 978-5-9758-0697-7.

3. Практикум по основам научных исследований в агрономии/ В.В.Глуховцев, В.Г.Кириченко, С.Н.Зудилин.- М.: «Колос», 2006,-240с.

## Лекция 4

### Теоретические основы размещения вариантов полевого опыта в пространстве и во времени

#### 4.1. Классификация методов размещения вариантов по повторениям

В настоящее время известны три группы методов размещения вариантов по повторениям: стандартные, систематические и случайные или рендомизированные.

Стандартные методы – характеризуются более частым (через 1-2) расположением контрольных (стандартных) вариантов.

Стандартный метод зародился и разработан в двух вариантах на опытных станциях России и Норвегии.

Простейшие стандартные методы предусматривают размещение контрольных делянок через одну или через две изучаемые. Первый из них называется ямб-метод, второй – дактиль метод. Иногда полевые опыты закладываются с расположением стандарта через три и более опытных вариантов.

1. В опытах каждый изучаемый вариант сравнивают со своим контрольным, урожайность которого вычисляют способом линейной интерполяции. Так, при размещении опыта ямб - методом урожайность интерполированного контроля равна полусумме урожаев двух прилегающих к опытному варианту контролей

При работе с дактиль – методом интерполированный контроль для делянки был равен:

$$\bar{b} = 2a + d / 3 \text{ для } c = 2d + a / 3$$

Полевые опыты стандартным методом закладываются, как правило на сильно удлиненных делянках. Повторения располагают в один реже в два и более ярусов.

Модификации стандартного дактиль – метода служит так называемый парный метод.

Итак, стандартные методы основана на том, что плодородие опытного участка изменяется постоянно и систематически. Между урожаями ближайших делянок наблюдается корреляционная связь и урожай их сравнимы между собой.

Однако стандартные методы обладают рядом существенных недостатков:

1) Громоздкость метода и не всегда наблюдается тесная корреляция между урожайностью соседних делянок;

2) Трудно сравнить опытные варианты расположенные далеко друг от друга при большом числе изучаемых вариантов более 10 – 12;

3) Нерационально используется земельная площадь участка: при ямб – методе 55% всей площади, а при дакталь – методе – 40% общей площади занято стандартными делянками.

Систематическое размещение вариантов – это такое расположение опыта, когда порядок следования вариантов в каждом повторении подчиняется определенной системе.

Существует много способов размещения вариантов этим методом.

В нашей стране наибольшее распространение получали два способа:

1) Последовательный в один ярус;

2) Шахматный при расположении повторений в несколько ярусов

Наиболее простым является последовательное расположение вариантов в один ярус. Варианты на делянках всех повторений располагаются в той последовательности,

которая заранее устанавливается исследователем. Например, в первом повторении для опыта из 6 вариантов намечен порядок 1,2,3,4,5,6, то такой же порядок сохраняется во всех опытных повторениях.

При шахматном расположении порядок следования вариантов в повторениях разных ярусов сдвигаются. Это позволяет полнее охватить каждым вариантом пестроту почвенного плодородия участка.

Для этого, чтобы определить число делянок, на которые необходимо сдвинуть размещения вариантов в последующих ярусах, надо число вариантов опыта разделить на число ярусов. Так, при 6 вариантах и двух ярусном расположении повторностей делянки во втором ярусе необходимо сдвинуть на 3 номера ( $6:2=3$ ), а при трех ярусном  $6:3=2$  – на 2 номера в каждом ярусе.

Поэтому систематические методы размещения во многих зарубежных странах используются только в предварительных исследованиях, в демонстрационных и других видах, когда не требуется статистическая оценка.

подавляющее большинство полевых опытов закладываются сейчас случайным методом.

При случайном методе порядок вариантов в каждом повторении определяется путем рендомизации.

Сущность рендомизации заключается в случайном расположении вариантов внутри повторения по жребию. В этом случае каждый вариант имеет одинаковый шанс попасть на каждую делянку.

#### **4.2. Оценка основных методов размещения вариантов в полевом опыте**

Среди ученых существуют различные точки зрения в отношении систематических и рендомизированных методов размещения вариантов в полевом опыте.

В.Н. Перегудов считает, что если, исследователь дорожит объективностью, он должен применять случайные методы размещения вариантов. В отечественной литературе, а также в зарубежных работах по методике полевого опыта (Фишер, Снедекор, Бейлину и др.) рендомизация рассматривается как основа построения современных экспериментов для получения объективной информации об исследуемом явлении.

Впервые рендомизированное размещение вариантов предложено Р.А. Фишером на основании разработанного им дисперсионного анализа.

Рендомизированное размещение вариантов позволяет лучше охватывать пестроту плодородия опытного участка. Она исключает систематическое изменение плодородия внутри повторения, а также исключает его систематическое (т.е. однонаправленное) влияние на результаты опыта.

В рендомизированных посевах с дробным учетом урожая установлено, что практически всегда на участках со случайным варьированием почвенного плодородия наблюдается закономерное варьирование урожая по делянкам.

В этом случае, если воспользоваться систематическим методом размещения вариантов получим искаженные данные о средних урожаях по вариантам. Чтобы доказать это положение воспользуемся методом наложения на дробные учеты условного опыта (т.е. опыты без фактических вариантов). При этом отберем одни и те же делянки дробного учета систематически и случайно и проводим дисперсионный анализ.

В этих опытах при отсутствии эффектов вариантов варьирование среднего урожая не должно существенно отличаться от случайного т.е. дисперсии по строке "варианты" и "остаток" должны быть близки. Это получается при рендомизации (4,28 и 3,72). При систематическом расположении вариантов это равенство сильно нарушено 9,51 и 1,98. Следовательно, планируя полевые опыты необходимо использовать самые современные методы размещения вариантов.

#### 4.3. Рендомизация-статистическая основа плана современного эксперимента

Рендомизация (randomization) – случайное распределение:

Наиболее простой способ рендомизации заключается в использовании метода жребия

В настоящее время для рендомизации используется таблица случайных чисел.

Теперь рассмотрим методы рендомизации:

Первый из них – метод неорганизованных повторений (полная рендомизация).

Сущность метода полной рендомизации заключается в том, что варианты по делянкам опытного участка распределяются совершенно случайно.

Метод неорганизованных повторений (т.е. неограниченная рендомизация) применяется в основном при изучении небольшого количества вариантов – 2-4. Отсутствие контроля за возможностью закономерного варьирования почвенного плодородия компенсируется в этом случае увеличением числа степеней свободы.

С увеличением делянок в опыте расстояние между ними возрастает, одновременно возрастают, различая почвенного плодородия отсюда эффективность метода полной рендомизации снижается.

Необходимо использовать метод организованных повторений.

Все варианты объединяются в отдельные компактные повторения. В каждом таком повторении варианты располагаются по делянкам в случайном порядке.

В этом случае достигается лучшая сравнимость между вариантами.

Многие ученые отмечают, что количество вариантов в опыте не должно превышать 15-20. В случае если число вариантов более 8-10. Целесообразно в каждом повторении иметь два и более контролей.

Метод латинского квадрата. Цель этого метода заключается в том, чтобы исключить влияние систематического изменения плодородия почвы опытного участка по двум взаимно перпендикулярным направлениям на результаты опыта. Для этого земельный участок квадратной или прямоугольной формы разбивают в горизонтальном и вертикальном направлении на столько рядов и столбцов, сколько вариантов в опыте.

Итак, в каждом ряду и столбце должен быть полный набор всех вариантов, но ни один из вариантов не должен повторяться дважды ни в ряду ни в столбце. Отрицательная сторона латинского квадрата – требование равенства числа повторений числу вариантов.

Закладка опыта с 7-8 вариантами методом латинского квадрата становится затруднительна.

Чтобы не прибегать к излишней повторности и использовать преимущества латинского квадрата опыты закладывают методом латинского прямоугольника.

В этом случае число вариантов должно быть кратным числу повторений. Так, при 3-кратной повторности можно заложить опыт с 6,9,12,18 и т.д. вариантами.

Число вариантов должно без остатка делиться на число повторений.

Частное от деления – число делянок, на которое надо расщепить каждый столбец латинского квадрата.

В экспериментальной работе приходится ставить опыты с большим числом вариантов – 25,50 и более. Для этого изучаемые варианты (сорта) разбивают на несколько небольших групп, блоков и объединяют эти блоки в повторения. Такое расположение во многом напоминает решетку. А поэтому и называется методом решетки.

Существует много вариантов этого метода – двухместная, трехместная, сбалансированная, прямоугольная решетки.

Наиболее простой и распространенный способ – двухместная решетка.

Опыт, заложенный методом двухместной решетки характеризуется тем, что количество вариантов равно квадрату целого числа, например  $4 \times 4 = 16$ ,  $5 \times 5 = 25$ ,  $6 \times 6 = 36$  и т.д.

Варианты группируют в блоки. А блоки в повторения. Число блоков в каждом повторении и вариантов в блоке равно квадратному корню из числа всех вариантов опыта.

В нечетных повторениях (X) варианты по блокам размещают друг за другом горизонтально, по рядам. В четных повторениях (Y) – вертикально, по столбцам квадрата.

Метод расщепленных делянок.

Этот метод используют преимущественно для закладки многофакторных опытов, когда в отношении какого-нибудь фактора требуется точная информация, а в отношении других факторов нет такой необходимости.

Схемы расщепленных делянок – это эксперимент, в котором делянки одного опыта используют как блоки для другого. В этом случае делянки I порядка (крупные) делят, расщепляют в вертикальном или горизонтальном направлении на делянки второго порядка, а делянки II порядка на более мелкие делянки III порядка.

Как правило, эффекты вариантов на субделянках оцениваются более достоверно, чем главные эффекты вариантов на делянках I порядка. В этом случае теория планирования рекомендует использовать метод смешивания. Сущность метода смешивания в том, что он предусматривает выделение внутри повторений специально организованных блоков (неполных повторений) с определенным (неполным) числом вариантов.

Отсюда, смешиванием называют такой способ размещения вариантов, при котором в каждом повторении все комбинации вариантов подразделяют на две или более групп (блоков) так, чтобы разности между группами составляли взаимодействия высшего порядка представляющие меньший интерес, чем главные эффекты и взаимодействия между двумя факторам

## Список литературы

### *Основная литература*

1. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 110400 «Агрономии» /А.Ф.Дружкин, Ю.В.Лобачев, Л.П.Шевцова, З.Д.Ляшенко. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013.-283с.-ISBN 978-5-7011-0767-8.

2. Основы опытного дела в растениеводстве: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агрономия» и агроинженерным

специальностям /В.В.Ещенко,М.Ф.Трифорова,П.Г.Копытько,А.М.Соловьев и др.-М.: «Колос»,2009.268с.ISDN 978-5-9532-0711-9.

3.Литвинов С.С. Методика полевого опыта овощеводстве /С.С.Литвинов- М.:ГНУ ВНИИО,2011-636.

4.Основы научных исследований в агрономии: учебник/ Б.Д.Кирюшин, Р.Р.Усманов, И.П.Васильев.- М.: «Колос»,2009,-398с.

*Дополнительная литература*

1.Основы научных исследований в агрономии: учебное пособие для студентов агрономических специальностей/ М.Н.Худенко, А.Ф.Дружкин, В.Б.Нарушев. и др.- Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»,2003.140с.-ISBN 5-7011-0335-8

2.Основы научной агрономии:учебное пособие/ Л.П.Шевцова, А.Ф.Дружкин, Н.Н.Кулева и др.;под ред. Л.П.Шевцовой;ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- Саратов,2008,-150с.ISBN 978-5-9758-0697-7.

3.Практикум по основам научных исследований в агрономии/ В.В.Глуховцев ,В.Г.Кириченко, С.Н.Зудилин.- М.: «Колос»,2006,-240с.

## Лекция 5

### Научные принципы и методы планирования экспериментов в растениеводстве.

#### 5.1. Общие принципы и этапы планирования эксперимента.

Правильное, тщательное и детальное планирование полевого эксперимента является важнейшим и ответственным моментом опытной работы, от качества планирования зависит успех исследования.

Поэтому планирование эксперимента – это не однократный процесс. Он базируется на хорошей теоретической основе и постоянно совершенствуется до и в процессе проведения эксперимента.

Все научные исследования, которые проводятся методом полевого опыта, включают три основных этапа:

- 1) Планирование;
- 2) Проведение полевых опытов, наблюдений и учетов;
- 3) Обработку и обобщение полученных результатов.

Планирование опытной работы осуществляется перед закладкой полевого опыта. Он в свою очередь включает следующие моменты:

- 1) Выбор темы, определение задачи и объекты исследования;
- 2) Изучение, критический анализ истории и современного состояния вопроса;
- 3) Создание рабочей гипотезы или ряда конкурирующих гипотез;
- 4) Разработка схемы и методики эксперимента.

Эти части работы – планирование исследования – самая трудная и ответственная. Необходимо честно сформулировать цель исследования и правильно выбрать тему эксперимента.

1) Первый и основной источник тем – прямые заказы сельскохозяйственного производства. Однако это не означает, что все научные учреждения должны ждать темы, они должны наметить сами наиболее перспективные темы. При серьезном отношении сельскохозяйственные предприятия темы исследований имеют большое народнохозяйственное значение;

2) Тема может быть дана опытным руководителем, имеющим большую теоретическую подготовку в своей научной деятельности;

3) Или она может быть заимствована из тематического плана научных исследований;

4) И наконец, тема может быть определена и самим исследователем на основе критического изучения обширной литературы по данному вопросу и знание состояния сельского хозяйства в теоретическом и практическом плане.

д) Для исследования необходимо подобрать соответствующие объекты и установить их соответствующие первоначальные состояния (периметры).

Следующий, важный этап, предшествующий планированию эксперимента – изучение литературы по данному вопросу. Это позволит подтвердить актуальность темы и разработать хороший план эксперимента. При изучении литературы главное внимание нужно обращать не на руководства и учебники, а на монографии, журнальные и научные статьи, диссертации, научные ответы и другие первоисточники. Следует изучить литературу не только отечественную, но и зарубежных авторов.

После изучения литературы составляется одна или два (несколько) рабочих гипотез. Гипотеза – это научное предложение о сущности предметов и явлений, из которых

ождается объяснение предлагаемых в опыте результатов. Следовательно, необходимо научно предвидеть ход изменчивости определенных процессов под влиянием изучаемых факторов.

Гипотеза может быть отвергнута в ходе эксперимента или скорректирована (исправлена). Если обнаружено её несоответствие материалам учетов и наблюдений.

Стержнем рабочей гипотезы служит, то новое, оригинальное, что вносит исследователь в данную проблему в виде предложения.

Заключительный этап подготовительного периода исследовательской работы сводится к разработке программы исследования, где намечаются способы проверки рабочей гипотезы.

Программа исследования – это проект намеченного хода эксперимента. В ней намечается граница опытной работы, схемы опытов, условия проведения опытов и наблюдений, приводят методику эксперимента.

## **5.2. Научные принципы разработки схемы однофакторных и многофакторных опытов**

При составлении схемы надо выдержать принцип единственного различия и принцип факториальности (ортогональность). (принцип факториальности означает испытание всех возможных сочетаний изучаемых факторов). Варианты должны различаться лишь по одному изучаемому фактору при равенстве сопутствующих факторов.

Варианты в однофакторных опытах могут различаться качественно (сорта, способ посева, форма удобрений пестицидов) и количественно: доза удобрений, норма посева и т.д.

При разработке схем однофакторных опытов при качественной изменчивости вариантов важно выдержать принцип единственного различия, правильно выбрать контроль (стандарт) и определить соответствующие (не изучаемые) условия.

Для таких же схем с количественной изменчивостью вариантов необходимо добавить следующее:

а) установить единицу варьирования изучаемого фактора и число градаций.

При однофакторных опытах нужно взять столько вариантов, чтобы по экспериментальным данным получить кривую отклика, имеющую на графике лимитирующую, стационарную и ингибирующую области (зоны). Для этого нужно правильно выбрать центр эксперимента и в соответствии с шагом эксперимента определить градацию факторов вправо и влево от центра.

Обычно достаточно иметь 5-8 уровней (доз, градаций) изучаемого фактора.

Другая особенность – шаг варьирования выбран слишком большим в этом случае можно проскочить точку максимум.

Поэтому величину шага определить точно практически невозможно, много здесь зависит от интуиции и квалификации экспериментатора.

Характерная особенность многофакторного опыта – установить действие, характер и величину взаимодействия изучаемых факторов.

При разработке схемы многофакторных опытов должен соблюдаться принцип факториальности, т.е. должны изучаться все возможные сочетания факторов. Это позволит выявить характер взаимодействия – антогонизм, аффитивизм и синергизм. Такие опыты называют полным факториальным экспериментом ПФЭ.

Каждый фактор может изучаться при двух или нескольких градациях. Схемы тогда выглядят так, например  $3 \times 3 \times 3$ , где число сомножителей – это число изучаемых факторов, а каждый из сомножителей указывает на число градаций данного фактора.

Проще разрабатывать ПФЭ по матричной модели, которая строится по формулам  $q^n$ , где  $n$  – количество градаций, а  $q$  – количество изучаемых вариантов.

Решающее значение при планировании ПФЭ также удачный выбор центра эксперимента и шага варьирования изучаемых факторов.

Схема ПФЭ обладает рядом преимуществ перед однофакторным:

1. Опытные данные показывают влияние каждого фактора в различных условиях и в их взаимодействиях;

2. ПФЭ позволяет получить более надежные разработки для практических рекомендаций;

3. При независимом действии факторов один многофакторный опыт дает столько же информации, сколько несколько однофакторных опытов.

Существенный недостаток ПФЭ проявляется при изучении 3 и более факторов в 4-5 и более градациях – их многовариантность, что затрудняет практическое осуществление опыта: выделение крупного земельного участка.

Устранить эти недостатки (т.е. противоречия между многовариантностью и требованием иметь компактные размеры опыта) можно двумя путями:

1) Постановкой неполных факториальных схем (бракует варианты из полных схем)

2) Использование для постановки метода смешивания

Суть метода смешивания – блокировка вариантов в компактные сравниваемые группы (блоки) внутри каждого повторения. При блокировке экспериментатор намеренно жертвует, например, тройным взаимодействием, чтобы точнее сравнить варианты внутри блока.

Что касается многолетних стационарных опытов, то в них принципиально новым моментом при планировании является время, как фактор позволяющий изучить долгосрочную тенденцию действия вариантов.

Многолетние опыты планируют в два этапа:

- на первом этапе – разрабатывают основную схему

- на втором – методику развертывания эксперимента во время и на территории.

Особое внимание при планировке обращают на сочетание основных элементов методики, рациональное направление, форму и площадь делянки, повторность, систему расположения повторений, делянок и вариантов.

Площадь опытной делянки выбирают в зависимости от изучаемого фактора, культура, степени и характера пространственной изменчивости, пестроты плодородия и способов уборки урожая. Необходимо выбрать такой размер делянок, чтобы механизировать все технологические процессы. Наиболее распространенная площадь делянки 100 – 300 м<sup>2</sup>.

Рекомендуется повторность примерно высчитывать по данным дробного учета или по материалам опытов прошлых лет.

Для расчета необходимо знать  $S$  или  $V$  и  $\bar{x}$ . Например, если  $\bar{x} = 20$  ц/га,  $S = 2$  ц/га, то

$$V = \frac{S}{\bar{x}} * 100 = \frac{2}{20} * 100 = 10\%$$

Теперь в формуле  $n = \left( \frac{t_{0,5} * S}{S\bar{x}} \right)^2$  необходимо абсолютные показатели среднего квадратного отклонения  $S$  и его ошибки  $S\bar{x}$  заменить на относительные показатели и тогда получим

$$n = \left( \frac{t_{St} * V}{S\bar{x}\%} \right)^2, \text{ где}$$

$n$  – число повторений;

$t$  – критерий Стьюдента;

$V$  – коэффициент изменчивости;

$S\bar{x}\%$  – относительная ошибка средней арифметической.

Для расчета  $S\bar{x}\%$  – нужно знать, исходя из рабочей гипотезы, возможную минимальную прибавку урожая, которую следует оценить статистически.

Например, ожидается и планируется получение прибавки около 15%. Значит 5НСР (наименьшая существенная разница) равна 15%.

Из статистики известно, что НСР =  $\pm 3 S\bar{x}\%$  – т.е.  $15\% = \pm 3 S\bar{x}\%$  –

$$S\bar{x}\% = \frac{15}{3} = 5\%$$

$$S\bar{x}\% = 5\%$$

Теперь выясняется число повторений, если  $t = 1$  ( $p=0,67$ )

$$n = \frac{1^2 * 10^2}{5^2} = 4.$$

Варианты внутри повторения должны располагаться систематически случайно, стандартным методом, латинским квадратом или прямоугольником и методом расщепленных делянок.

При разработке программы исследования намечается план и методика проведения наблюдений и учетов.

Наблюдения и учеты должны быть целенаправленными и включать контроль за главными факторами изменчивости, которые, вызывают варьирование результативного признака. Это позволяет глубже понять сущность и причины эффектов в опыте.

Второстепенных наблюдений должны быть как можно меньше, т.к. это загромождает эксперимент цифровыми данными, перегружает экспериментатора, отсюда возникают грубые ошибки.

Открытым пунктом для выбора учетов и наблюдений является рабочая гипотеза.

Наблюдения по типичным, модельным растениям неверен, так как растения в совокупности представляют из себя вариационный ряд изменчивости, в котором объективно существуют и малые и большие отклонения от моды и от  $\bar{x}$ .

Поэтому данные по типичным растениям будут не точными, смещёнными и возможная достоверность их результатов  $p = 0,67$ , что недостаточно для уверенного безошибочного суждения.

В заключительном этапе составления программы следует указать:

- 1) Какие новые данные ожидается получить после проработки темы;
- 2) Правильно ли выбран контроль и единица сравнения;
- 3) Достаточно ли запланирована ошибка опыта для доказательства возможных эффектов в опыте.

### 5.3. Планирование наблюдений и учетов в полевом опыте

В полевом опыте растения находятся во взаимодействии с окружающей средой.

В процессе онтогенеза растения реагируют на изменения условий среды, фиксируя их в морфологии или анатомии отдельных органов

Чтобы выявить сущность взаимодействия растений с окружающей средой необходимо в процессе роста и развития правильно спланировать и проводить наблюдения в ролевом опыте.

Для этого экспериментатор должен решить следующие вопросы:

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

Ошибка начинающих экспериментаторов – включение в программу исследования случайного набора наблюдений в надежде, что они для чего-нибудь пригодятся.

Отсюда вытекает основное требование к наблюдениям.

Ценность информации при проведении наблюдений имеет место тогда, когда они проводятся целенаправленно, когда они вытекают из задач ответа. Случайно выбранные наблюдения дают мало познавательного для вскрытия сущности явления.

Поэтому в полевом опыте следует планировать небольшое число, но хорошо продуманных целенаправленных наблюдений, помогающих понять изучаемое явление; вскрыть причину увеличения или уменьшения урожайности.

Вторым требованием к наблюдению является типичность и достоверность. Для получения объективных результатов наблюдения должна проводиться в типичных условиях, т.е. на делянках опыта, а не на защитках.

Следовательно, случайный метод отбора объекта в выборку является следующим необходимым требованием.

Если же растение во всех повторениях развиваются и растут однотипно, можно брать объекты в выборку с четных или нечетных повторений.

В опытном деле различают две группы наблюдений:

- 1) наблюдения за окружающей средой;
- 2) наблюдение за растениями.

К наблюдениям первого рода относят регистрацию погодных факторов (температура воздуха, почвы, воды, растения; осадки, влажность воздуха, напряженность солнечного света, облачность, ветровая деятельность, снежный покров, промерзаемость почвы, влажность почвы, агрохимический и агрофизические свойства почвы и другие характеристики). Вполне понятно, что, не имея данных по определенным показателям для каждого конкретного опыта состоянием окружающей среды нельзя понять причину изменчивости растения под влиянием тех или иных агроприемов или факторов.

При наблюдениях второго рода фиксируют состояние процессов, тканей, органов самого растения в динамике или в определённые конечные даты, или фазы роста.

Учеты наблюдений могут быть:

А) глазомерными (визуальными) и количественными. Глазомерный метод используется для получения приблизительных данных по менее важным объектам. Однако, эти наблюдения могут иметь высокую достоверность, если они проводятся одним и тем же опытным исследователем.

Б) Количественные учеты наблюдений выражаются в мерах длины, массы, объема, площади и относительных показателях (%). В результате таких учетов при расположении данных в порядке возрастания или убывания получают вариационные ряды или ряды изменчивости.

Для исключения тенденциозности и субъективизма при проведении наблюдений необходимо широко использовать случайный метод отбора объектов в выборку.

#### Случайный метод отбора образцов.

Этот метод предполагает неограниченное, случайное взятие проб на учетной делянке или варианте. Для этого пробные площадки, растения или почву берут из случайных точек любых мест изучаемого участка методом рендомизации (жеребья). В этом случае участок, делянку (в зависимости от площади) делят на 50-100 частей, например по 1-5 м<sup>2</sup> и жеребьевкой, пользуясь нумерованными карточками или таблицами случайных чисел, отбирается нужное количество квадратов (мест) для взятия проб. Места взятия наносят на план. Например, намечено взять 20 проб. При делении делянки пополам, на каждой части надо взять 10 проб, а при делении на 4 части - по 5 проб.

Случайный метод отбора проб более трудоёмкое, но незаменимый при постановке опыта на не выровненном агрофоне.

#### Систематический метод отбора образцов.

Этот метод состоит в том, что пробы (выборки) объектов берут через равные расстояния и по определённом направлению, например, по диагоналям или двум диагоналям делянки через определенное количество метров или шагов. В этом случае мы получаем так называемую механическую выборку.

Поэтому в современных условиях метод случайного отбора объектов в выборку должен найти преимущественное применение.

Нужно помнить, что во всяком опыте случайность неизбежна. Т.к. она составляет диалектическое единство с необходимостью любого явления. Поэтому, кроме планирования и учета контролируемых факторов нужно определенным образом планировать случайные факторы. Рендомизация в какой-то мере позволяет планировать случайные факторы. Этот проявляется в том, что каждый член совокупности имеет равную вероятность попасть в выборку

Для проведения наблюдений и учетов необходимо широко использовать различные приборы и оборудование, вплоть до самых сложных.

Большое значение для получения достоверных данных имеет объем выборки, т.е. количество повторных наблюдений или объектов, отбираемых в выборку.

Общеизвестно, что чем больше объектов берется в выборку, тем достовернее выборочная средняя характеризует среднюю генеральной совокупности с заданной вероятностью. Однако увеличение объема выборки до больших значений представляет непреодолимые трудности для её взятия и анализа. Поэтому рекомендованы статистические методы расчета объема выборки.

Для количественной изменчивости\_ при достаточно больших совокупностях объем выборки вычисляют по формуле:

$$n = \left( \frac{t * S}{S_{\bar{x}}} \right)^2, \text{ где}$$

n – объем выборки;

t – критерий Стьюдента;

S – стандартное (среднее квадратическое) отклонение;

$S_{\bar{x}}$  - планируемая ошибка выборочной средней.

Значение критерия  $t$  зависит от уровня вероятностей, который устанавливается исследователем. Для 68%-ного уровня  $t = 1$ , 95%-ного -  $t = 2$  и 99%-ного -  $t = 3$ .

Величину стандартного отклонения нужно получить при выборочном взятии пробы или взять из данных предыдущих наблюдений.

средней.

Определение объема выборки при качественной изменчивости.

Объем выборки при качественной изменчивости рассчитывают по форму:

$$n = \frac{t^2 * P * q}{S_p^2}, \text{ где}$$

$t$  – критерий Стьюдента;

$p$  – количества больных растений;

$q$  – количество здоровых растений;

$S_p$  – ошибка доли.

#### **5.4. Планирование наблюдений и учетов в период вегетации растений.**

Все наблюдения должны проводиться в соответствии с намеченной программой, преследуя четко определенные цели. В противном случае наблюдения будут носить бессмысленный характер. Объем наблюдений может быть бесконечно широким, это физически невыполнимым обязательно скажется на достоверности результатов.

Следовательно, в полевом опыте должны проводиться лишь те наблюдения, которые могут дать возможность понять изучаемое явление, выяснить внутреннюю суть процесса и понять причины получения прибавок или снижения урожаев и его качества.

Наблюдения в полевом опыте делятся на две группы:

А) наблюдения за внешней средой;

Б) наблюдения за растениями.

Существенное значение для оценки результатов полевого опыта имеет учет метеорологических условий.

Метеорологические наблюдения.

Погодные условия меняются во времени, неодинакова и реакция растений к факторам внешней среды в разные периоды жизни. Поэтому за изменениями метеорологических факторов наблюдают по фазам жизни растений. Среднемесячные и среднедекадные показатели не дают объективного представления о влиянии метеорологических факторов на растения.

К необходимым метеорологическим наблюдениям относятся: температура, осадки, относительная влажность воздуха, инсоляция, сила и направление ветра.

Наблюдения за этими показателями производят по фазам.

Например, для озимых зерновых:

а) посев - всходы; б) всходы - прекращение осенней вегетации; в) начало весенней вегетации - выход в трубку; г) выход в трубку – колошение; д) колошение – восковая спелость.

Для яровых зерновых культур:

а) посев - всходы; б) всходы – кущение; в) кущение – выход в трубку; г) выход в трубку – колошение; д) колошения – восковая спелость.

При обработке метеорологических данных по периодам более четко выявляется связь продолжительности периода и ряда признаков растения с метеорологическими условиями за это время.

Количество атмосферных осадков измеряют дождемером ежедневно в 1 и 19 часов и относят их ко дню наблюдений.

ежедневно в 7 часов утра, а переносной – ежедневно и после сильных снегопадов.

Для измерения температуры и влажности воздуха используют психрометр Августа («смоченный, и «сухой» термометры) и min и max термометры.

Наблюдения проводят ежедневно в 1,7,15 и 19 часов, или в 7,13 и 21 час.

В некоторых опытах может представлять интерес температура почвы на глубинах 5,10,15 и 20 см.

).

Наблюдение – второй группы – над растениями. Они обычно начинаются с появления всходов. характер, размера наблюдений за растениями зависит от цели опыта. Следует иметь в виду не только характер и размеры, но и время и технику их проведения. Некоторые явления проявляются на растениях лишь в определенные фазы жизни и сглаживаются при уборке.

Все учеты и наблюдения могут быть количественные и глазомерные (в баллах). Вполне очевидное преимущество имеют первые, так как они могут быть обработаны статистически.

Учеты можно разделить на однократные и периодические (в течение всего периода вегетации, через определенные промежутки времени). Периодические учеты необходимы если <sup>1</sup>учитываемое явление сильно изменяется во времени (например, влажность почвы).

Некоторые исследователи пытаются дать единую рекомендацию по объёму выборки во всех опытах. Это не совсем правильно. Объём выборки устанавливают для каждого конкретного случая предварительным исследованием, с тем, чтобы соответствовал совокупности изучаемых объектов и высокой достоверности наблюдений.

Определение размера выборки при количественной изменчивости.

1) Ориентировочно для агротехнических опытов величина ошибки должна быть 4-6%, в опытах с сортоиспытанием и вегетационных опытах – 1-4%.

2) Для полевых и лабораторных исследований, значение ошибки выборочной средней принимают равной 1-3%.

3) В ориентировочных исследованиях можно иметь значение ошибки выборочной средней несколько выше

Для производственного картирования учет засоренности почвы проводят 1-2 раза за ротацию севооборота.

Обследуют почву весной до начала прорастания семян сорных растений или осенью до вспашки зяби.

Густоту стояния растений определяют дважды: после появления всходов и перед уборкой. Первый учет дает возможность проверить норму высева, полевую всхожесть и установить фактическую густоту по вариантам опыта. Это позволяет определить роль агроприема в получении нормальной полевой всхожести.

Определение густоты перед уборкой необходимо для установления степени изреженности растений во времени вегетации (сохранность растений). Учет густоты стояния перед уборкой нужен для анализа структуры урожая.

У культур которые возделываются с прорывкой подсчет растений перед уборкой проводят на всей делянке. Фактическую площадь питания определяют делением учетной площади делянки на количество растений.

У культур возделываемых без прорывки, густоту стояния определяют по методу проб, т.е. подсчитывают число растений на пробных площадках, выделяемых на учетной площади делянок.

Учет густоты стояния производят на всех вариантах опыта и желательно во всех повторениях.

Пробы (выборки) на делянках могут быть постоянными или закрепленными.

Для этого подсчет производится каждый раз путем наложения квадратных рамок или на погонных метровках или путем рендомизации или по диагоналям делянки через равные расстояния.

Необходимо и в этом случае применять метод математической обработки данных для расчета количества проб на делянке. В противном случае возможны грубые ошибки.

Подсчет растений перед уборкой дает возможность определить количество сохранившихся растений (%) по отношению к полным всходам. Площадь листьев определяют :

- 1) Метод высечек;
- 2) По параметрам листа.

## **Список литературы**

### *Основная литература*

1. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 110400 «Агрономии» /А.Ф.Дружкин, Ю.В.Лобачев, Л.П.Шевцова, З.Д.Ляшенко. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013. -283с. -ISBN 978-5-7011-0767-8.

2. Основы опытного дела в растениеводстве: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агрономия» и агроинженерным специальностям /В.В.Ещенко, М.Ф.Трифонов, П.Г.Копытько, А.М.Соловьев и др. -М.: «Колос», 2009. 268с. ISDN 978-5-9532-0711-9.

3. Литвинов С.С. Методика полевого опыта овощеводстве /С.С.Литвинов - М.: ГНУ ВНИИО, 2011-636.

4. Основы научных исследований в агрономии: учебник/ Б.Д.Кирюшин, Р.Р.Усманов, И.П.Васильев. - М.: «Колос», 2009, -398с.

### *Дополнительная литература*

1. Основы научных исследований в агрономии: учебное пособие для студентов агрономических специальностей/ М.Н.Худенко, А.Ф.Дружкин, В.Б.Нарушев. и др. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. 140с. -ISBN 5-7011-0335-8

2. Основы научной агрономии: учебное пособие/ Л.П.Шевцова, А.Ф.Дружкин, Н.Н.Кулева и др.; под ред. Л.П.Шевцовой; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». - Саратов, 2008, -150с. ISBN 978-5-9758-0697-7.

3. Практикум по основам научных исследований в агрономии/ В.В.Глуховцев, В.Г.Кириченко, С.Н.Зудилин. - М.: «Колос», 2006, -240с.

## Лекция

### Методы уборки и учета биологической и хозяйственной урожайности

#### 6.1. Факторы, влияющие на выбор способа и метода учета урожайности

Способы и сроки уборки урожая должны отвечать общим требованиям к полевым работам и выполняться одновременно и качественно. Способ уборки определяется в зависимости от биологических особенностей культуры. Уборку следует проводить в один день и одним и тем же способом. Урожай на учетных делянках убирают после удаления урожая с защитных полос и выключек. Существует два метода учета урожайности: сплошной и по пробным снопам. Для получения достоверных результатов необходимо использовать только сплошной способ, при котором весь урожай с учетной части делянки убирают и взвешивают.

Метод учета по пробным снопам (площадкам) приводит к погрешностям и субъективизму. Такой учет допускается только на больших делянках, число рекомендуемых площадок при этом составляет от 30 до 100 в зависимости от площади делянки. Результаты анализа урожайности по пробным снопам переводят на урожайность делянки. Наиболее распространена уборка урожая зерновых культур специальным малогабаритным самоходным комбайном. Если размер делянок или величина урожая не позволяют использовать на уборке комбайн, применяют простые машины, влажность и 100 процентную чистоты.

#### 6.2. Понятие о выключках и основные объективные причины их выделения

Выключка - часть учетной делянки, исключенная из учетной площади вследствие случайных повреждений или ошибок, допущенных во время работы.

Допускают следующие основания для выключек или браковки целых делянок:-

-повреждения, вызванные стихийными явлениями природы, неравномерно повредившие данную культуру, при условии, что неравномерность повреждения не является следствием изучаемых факторов

-случайные повреждения: птицами, грызунами, потрава скотом и т.д

-ошибка при закладке и проведении опыта

Уменьшение площади учетной делянки из-за выключек допускается не более чем на 50 процентов. Если площадь учетной делянки уменьшается более чем на 50 процентов, то делянку выбраковывают полностью. Если же одна-две делянки выпадают из опыта, то для его приведения к сравнимому виду результаты должны быть восстановлены статистическим методом

Основанием для выключек могут быть только объективные внешние причины

#### 6.3. Особенности уборки и учета урожайности различных полевых культур

Между уборкой двух делянок комбайн должен работать вхолостую в течение 3-4 минуты. Этого времени достаточно для полного обмолота колосьев, загрузки зерна из бункера комбайна в мешки и помещают этикетки. Для определения влажности и засоренности с каждой делянки после взвешивания урожая отбирают пробу по 1 кг. Влажность зерна определяют путем высушивания навески в течение 40 мин при 130 градусах Цельсия. Урожай с делянки пересчитывают на гектар и приводят к 14 процентной влажности и 100 процентной чистоте.

При учете урожайности кукурузы на зерно с учетной площади делянки убирают все початки, делят их на три фракции: с зерном полной спелости, с зерном восковой

спелости, с незрелым зерном. Взвешивают каждую фракцию. Затем с каждой делянки отбирают по 50 початков с зерном полной и восковой спелости, взвешивают их, обмолачивают и определяют выход зерна. Влажность зерна определяют по пробе, равной 300г

Урожай пропашных культур учитывают сплошным методом, взвешивая его сразу в поле. Если клубни и корни сильно загрязнены, то для установления количества прилипшей грязи отбирают пробы по 10-15 кг. Отобранные клубни взвешивают до и после очистки от почвы

Урожай подсолнечника убирают комбайном или вручную. После обмолота корзинок семян взвешивают и отбирают с каждой делянки в полиэтиленовые мешочки средние образцы семян массой около 300г. для определения влажности и засоренности. Урожай семян приводит к 12 процентной влажности и 100 процентной чистоте.

### **6.3.Первичная обработка опытных данных.**

Обработка опытных данных сельскохозяйственных опытов включает следующие этапы:--агрономический анализ полученных данных

- первичную обработку материалов
- статистическую оценку результатов исследования

Агрономический анализ заключается в сопоставлении фактической методики проведения опыта с методикой, требуемой условиями и характером исследования, и включает критический обзор данных об урожае, сопоставление их с результатами полевых наблюдений, анализ методики проведения опыта.

После агрономической оценки переходят к первичной цифровой обработке, которая включает следующие этап:

- пересчет урожаев с делянки на один гектар
- приведение урожая к стандартной влажности
- составление таблицы урожая, в которой производят определение сумм урожаев по вариантам, повторениям и общей суммы урожаев. расчет средних по вариантам и опыт

При округлении чисел нужно сохранить столько значащих цифр, чтобы сомнительным был только один последний знак. Если варьируют десятки, то принимают точность 1. единицы -0.1.десятые доли-0.01 и т. д.

При округлении необходимо соблюдение следующих правил:

- если отбрасываемая при округлении цифра меньше 5,то последняя сохраняемая цифра не изменяется. если отбрасываемая цифра больше 5,то последняя цифра увеличивается на единицу. если перед округлением за значащей цифрой стоит 5,то последнюю цифру увеличивают на единицу, если она четная или равна 0.

Результаты полевых опытов обязательно должны быть обработаны статистически. Но никакая статистическая обработка ничего не даст если исходные данные ненадежны. Поэтому главная обязанность экспериментатора получение достоверной исходной информации об изучаемом явлении

### **Список литературы**

#### *Основная литература*

1.Основы научных исследований в растениеводстве и селекции: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению110400 «Агрономии» /А.Ф.Дружкин,

Ю.В.Лобачев, Л.П.Шевцова, З.Д.Ляшенко. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013.-283с.-ISBN 978-5-7011-0767-8.

2.Основы опытного дела в растениеводстве: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агрономия»и агроинженерным специальностям /В.В.Ещенко,М.Ф.Трифорова,П.Г.Копытько,А.М.Соловьев и др.-М.: «Колос»,2009.268с.ISDN 978-5-9532-0711-9.

3.Литвинов С.С. Методика полевого опыта овощеводстве /С.С.Литвинов- М.:ГНУ ВНИИО,2011-636.

4.Основы научных исследований в агрономии: учебник/ Б.Д.Кирюшин, Р.Р.Усманов, И.П.Васильев.- М.: «Колос», 2009,-398с.

*Дополнительная литература*

1.Основы научных исследований в агрономии: учебное пособие для студентов агрономических специальностей/ М.Н.Худенко, А.Ф.Дружкин, В.Б.Нарушев. и др.- Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»,2003.140с.-ISBN 5-7011-0335-8

2.Основы научной агрономии:учебное пособие/ Л.П.Шевцова, А.Ф.Дружкин, Н.Н.Кулева и др.;под ред. Л.П.Шевцовой;ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- Саратов,2008,-150с.ISBN 978-5-9758-0697-7.

3.Практикум по основам научных исследований в агрономии/ В.В.Глуховцев, В.Г.Кириченко, С.Н.Зудилин.- М.: «Колос»,2006,-240с.

## Лекция 7

### Теоретические основы применения математической статистики для обработки опытных данных

#### 7.1. Значение математической статистики для планирования и обработки опытных данных, анализа и обоснований закономерности изучаемых явлений.

Современная биология и сельскохозяйственная наука не может развиваться без связи с математикой.

Отдельные вопросы научных знаний, такие как популяции, моделирование, биологических процессов не могут быть разработаны без специальных математических методов. Нельзя серьезно мыслить о программировании урожайности полевых культур без использования методов множественной корреляции и регрессии.

Поэтому новая наука – биометрия – возникла на стыке биологии и математики.

По Н.А. Плохинскому – биометрия – это наука о статистическом анализе групповых свойств в биологическом анализе групповых свойств в биологии. Под статистическим анализом понимается применение постулатов и методов теории вероятностей и математической статистики применительно к биологическим исследованиям.

Математическая статистика и теория вероятностей – науки сугубо теоретически, абстрактные: они изучают массовые явления безотносительно к специфике составляющих их элементов.

Биометрия – наука эмпирическая, т.е. конкретная, она исследует эмпирические совокупности, преследуя не математические, а биологические цели. Отсюда ставить знак равенства между биометрией и математической статистикой нельзя. Теория вероятностей и математическая статистика – разделы математики.

Теория вероятностей изучает общие законы в массе случайных величин, а математическая статистика разрабатывает вопросы, связанные с теорией выборочного метода и вероятностной оценкой гипотез, возникающих в исследовательской работе.

Таким образом, биометрия – это не математика и не простая сумма биологии математики. Это новая синтетическая наука. Только в этом случае применение математических методов в биологии дает возможность решить сложные проблемы.

А теперь немного истории.

В середине XVII века было положено начало теории вероятностей. Определенная роль в этом принадлежит Паскалю, Лапласу, Гауссу. Пуассону.

К этому времени относится и становление математической статистики являющейся теоретической основой выборочного метода. Нужен был метод, позволяющий по части наблюдений (выборке) судить о состоянии всей совокупности в целом. Разработка нового метода и привела к обоснованию нового направления в науке – математической статистике.

Известная заслуга в этом принадлежит английской школе и политических арифметиков во главе с Петти.

Большой вклад в развитие теории вероятностей и математической статистике в XIX начале XX века внесли ученые Петербургских школ Гебышова, Чупрова и др.

Теория вероятностей возникла на почве азартных игр, статистики – из потребностей государства, а биометрия – в процессе развития биологии – в ответ на социальный заказ капитального общества.

В XX веке появились классические трубки В. Госсета, печатавшегося под псевдонимом «Стюдент», Р.А. Фишера и других представителей английской школы биометриков.

С именем Стюдента связано обоснование так называемой «теории малой выборки». Р.Фишер разработал метод дисперсионного анализа применяемый сейчас не только в биологии, но и в техники.

Большую роль в развитие математических методов для биологии сыграли работы Пирсона, Романовского, Берштейна, Снедекора, Колмогорова и др.

Современная биометрия дает достоверные результаты теории на основе анализа больших групп объектов. Но возможно получение объективных результатов при анализе малых групп объектов.

Поэтому групповые свойства объектов бывают основные и сопряженные: основные свойства объектов следующие:

1. Средней уровень признака;
2. Разнообразии признака (т.е. неодинаковость объекта по изучаемому признаку);
3. Распределение признака, т.е. соотношение в количественных особей имеющих различную степень варьирования признака;
4. Репрезентативность выборочных групп, дающая возможность на основе изучения относительно – небольшой выборки (группы) получить достаточно надежную характеристику большой группы объектов (генеральной совокупности).

Сопряженные свойства. Появляются связи или сопряжения в развитии основных свойств. Это означает, что применение одной средней по одному признаку происходит в большей или меньшей зависимости от изменения средней по второму признаку.

Это сопряженное групповое свойство получили название регрессии первого признака по второму или второго по первому.

2. Учение о сопряженном разнообразии, т.е. о зависимости степени и структуры разнообразия одного признака от степени и структуры разнообразия одновременно изучаемого другого признака.

Это явление получило название корреляции.

Сила и достоверность таких влияний измеряется различными показателями дисперсионного анализа.

Показатели биометрии.

Некоторые математические переменные слишком абстрактны для биометрии. Например, в математике первичные измерения называются величиной или переменной величиной.

Для биометрии более применимы термины: «значение признака», или «величина изучаемого признака» (это вкладывается в содержание термина «дата»).

Биометрия изучает признаки:

А) количественные, поддающиеся измерению (см, кг, т. Шт. и т.д.).

Б) качественные, не поддающиеся точному измерению; они выражаются в баллах, окраске, экстерьерных статьях или альтернативных признаках – есть, нет.

Неизбежное различие особей в группе в биометрии правильно называть разнообразием признака, а не изменчивостью их.

Изменчивость генотипов надо отличать от разнообразия генотипов.

Рассеяние диких зверей по ареалу их обитания нельзя путать с их разнообразием.

Лучше пользоваться терминами:

Математика		Биометрия
Величина		Дата, V, X
Среднее значение величины		Средняя величина признака $\mu, \bar{x}$ ,
Сумма квадратный центр отклонений, сумма квадратов дисперсии		Дисперсия, сумма квадратов отклонений $\sum (x - \bar{x})^2$
Средней квадрат отклонения, сигма $\sigma, s$		Стандартное отклонение. Сигма (средний квадрат отклонений) $\sigma = s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$
Колебленность		Разнообразие
Разница достоверна		Разность значения ( $x_1 > \bar{x}_2$ )

Однако нельзя преувеличивать роль статистических методов для биологии. Пользу они дают только при анализе данных из правильно поставленных опытов. Плохой опыт нельзя исправить никакой статистической обработкой.

Вместе с тем. Неправильное применение статистических методов может привести к заблуждениям.

## 7.2. Понятия об изменчивости, совокупности и выборке. Виды изменчивости.

В сельскохозяйственных и биологических исследованиях объектом изучения является чаще всего совокупность предметов и явлений. Поэтому всякое множественное явление, например, растений, их частей, делянок, в полевом опыте называют статистической совокупностью.

Предметы и явления в каждой совокупности строго индивидуальны. Они отличаются друг от друга рядом признаков, например, массой, объемом и т.д. т.е. каждый признак имеет разную степень выраженности, то есть этот признак изменяется, варьирует в определенных пределах изучаемого признака.

Отсюда свойство предметов отличаться друг от друга даже в однократных совокупностях называется изменчивостью или варьированием, случайностью.

1. Варьирование значения признака у отдельных представителей совокупности возникает главным образом под влиянием комплекса внешних условий, обуславливающих случайные приемы, а также в результате того, что растения даже одного и того же сорта отличаются своей наследственностью, вариабельностью.

Известно, что не всегда возможно исследовать по тому или иному признаку все особи, всю совокупность по двум причинам:

- 1) она очень велика по объёму;
- 2) при изучении того или иного признака генеральной совокупности, приходится уничтожать всю эту группу, совокупность.

Поэтому прибегая к изучению части совокупности, по которой делают обобщение о всей генеральной совокупности.

Таким образом, генеральная совокупность – это вся совокупность особей, которая подвергается изучению или вся группа объектов подлежащих изучению.

Выборочная совокупность – часть объектов совокупности или выборки из генеральной совокупности или та часть объектов, которая попала под контроль, под проверку называют выборкой.

Сущность выборочного метода заключается в том, чтобы по малой (пробе) получать сведения и сделать умозаключение о своей генеральной совокупности. Здесь очень важно знать объем выборки.

Объем выборки - это число элементов в генеральной совокупности и выборке, её обозначают буквой  $n$ .

Правильный объем выборки это ни что иное, как применение метода повторности опыта. Повторность опыта в пространстве исключает ошибку.

Таким образом, ошибки нивелируются в процессе повторения.

В результате наблюдений за счет увеличения повторений получаем сведения о числовой величине изучаемого признака данной совокупности.

Возможные значения варьирующего признака  $X$  называют в математической статистике вариантами и обозначают  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ .

Полученный ряд данных варьирующих признаков можно расположить в порядке возрастания или убывания, т.е. этот ряд данных можно подвергнуть ранжированию. Ранжирование – это расположение значений варьирующего признака в порядке возрастания или убывания. После ранжирования нетрудно заметить, что отдельные значения варьирующих признаков повторяются несколько раз.

Числа, которые характеризуют, сколько раз повторяется, каждое значение признака в данной совокупности называют частотами признака и обозначают  $\Sigma f$

$$\Sigma f = n$$

В результате такой обработки наблюдений получаем вариационный ряд.

Вариационным рядом называют такой ряд данных, в котором указаны возможные значения варьирующего признака, расположенные в порядке убывания или возрастания и соответствующие им частоты.

Вариационные ряды могут быть с двумя типами изменчивости: с количественной и качественной изменчивостью.

Количественная изменчивость – это такой вид изменчивости, в которой различия между вариантами можно измерить и выразить каким-то количеством, например, размер листьев, число лепестков, масса и т.д.

Количественные вариационные ряды: на прерывистые (дискретные) и не прерывистые.

Дискретные ряды выражены целыми числами 10, 11, 12, между этими числами нет, и не может быть никаких переходов: количество колосков в колосе, кустистость, число листьев и т.д.

Не прерывистые ряды выражаются мерами протяженности, объёма, массы, т.е. между значениями вариант мыслимы любые переходы в определенных пределах, например, урожайность, масса 1000 семян, химический состав, длина листьев и т.д.

Качественные вариационные ряды не поддаются измерениям, но выражаются в определенных качествах: окраска зерна, окраска цветков, форма плода, разные виды болезней.

Качественное разнообразие носят названия альтернативной (двоичной) изменчивости, если изучает два взаимоисключающих признака (да - нет, больной - здоровый) число объектов здесь равно 2  $n=2$ , всхожие и не всхожие семена, мужские и женские экземпляры.

Если число объектов  $n > 2$  – это изменчивость атрибутивная (окраска, консистенция, форма и т.д.)

### 7.3. Статистические характеристики количественной изменчивости для малых и больших выборок

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

Средняя арифметическая – это обобщенная, абстрактная величина всей совокупности в целом. Она занимает центральное положение в вариационном ряду.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}, \text{ где}$$

$\bar{x}$  - средняя арифметическая;  
 $\sum x$  – сумма значений признака;  
 n - объем выборки.

Если вариационный ряд сгруппирован, то среднюю арифметическую определяют по формуле:

$$\bar{x} = \frac{f_1 x_1 + f_2 x_2 + \dots + f_n x_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n} = \frac{\sum fx}{n}, \text{ где}$$

f - частота встречаемости каждой варианты.

Иногда пишут:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$$

Математическое суммирование обозначают  $\Sigma$ , вверху под знаком  $\Sigma$  пишут количество суммируемых величин (n), а внизу символ ряда  $i=1$ . Это значит, что ряд охватывает варианты от 1 до n, тогда

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n fx_i$$

Средняя арифметическая обладает рядом свойств, позволяющих упростить технику ее вычисления.

1) Основное свойство средней арифметической заключается в равенстве суммы всех положительных и отрицательных отклонений от неё:

$$\sum (x - \bar{x}) = (x_1 - \bar{x}) + (x_2 - \bar{x}) + \dots + (x_n - \bar{x}) = 0$$

или  $\sum (x - \bar{x}) = 0$ .

Иными словами – сумма всех положительных и отрицательных отклонений от средней арифметической всегда равняется нулю.

$$\sum (x - \bar{x}) = 0$$

Средняя арифметическая – это центр распределения.

2) Сумма отклонений от условной средней (близкой к средней) не есть нуль:

$$\sum (x_i - A) \neq 0$$

Здесь на каждую дату приходится отклонений:

$$\frac{\sum(x_i - A)}{n} = \frac{5}{5} = 1$$

Это означает, что средняя арифметическая больше данной условной на 1.

Для получения истинной средней арифметической нужно

$$\bar{x} = A + \frac{\sum(x_i - A)}{n} = 4 + 1 = 5.$$

3) Сумма квадратов отклонений от средней арифметической меньше суммы квадратов отклонений от любой другой величины  $A$ , не равной  $\bar{x}$ , т.е.:

$$\sum(x_i - \bar{x})^2 < \sum(x_i - A)^2$$

4) Сумма квадратов отклонений вариант от средней арифметической равна сумме квадратов этих вариант минус квадрат их суммы, поделенной на общее число вариант данной совокупности:

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

5) Сумма квадратов отклонений вариант от средней арифметической равен сумме квадратов этих вариант минус произведения общего числа вариант входящих в данной состав совокупности, и квадрат средней арифметической:

$$\sum(x_i - \bar{x})^2 = \sum x^2 - n * \bar{x}^2$$

6) Сумма квадратов отклонений вариант от средней арифметической равняется сумме квадратов отклонений вариант от условной средней  $A$  минус квадрат суммы отклонений вариант от условной средней, отнесенной к общему числу вариант данной совокупности, т.е.:

$$\sum(x_i - \bar{x})^2 = \sum(x_i - A)^2 - \frac{(\sum(x_i - A))^2}{n}$$

7) Если каждую варианту увеличить (или уменьшить) на какую-то положительную величину  $K$ , то и средняя арифметическая увеличится или уменьшится на ту же величину, т.е.:

$$\frac{\sum(x \pm K)}{n} = \bar{x} \pm K$$

8) Если каждую варианту увеличить (уменьшить) в  $K$  раз, то средняя арифметическая увеличится (уменьшится) во столько же раз, т.е.:

$$\frac{\sum(x * K)}{n} = \bar{x} * K \quad \text{или} \quad \sum\left(\frac{x}{n}\right) / K = \frac{\bar{x}}{K}$$

Средняя гармоническая

При усреднении величин, представляющих собой изменения скорости каких-либо процессов, например прироста длины, диаметра побегов, величину концентрации раствора мг на 1 л в место средней арифметической пользуются средней гармонической. Её применяют тогда, когда изучаемый признак находится в обратной зависимости пропорциональной к другому признаку.

Эта средняя гармоническая представляет собой отношение общего числа наблюдений ( $n$ ) к сумме их обратных значений, т.е.:

$$\bar{x}_h = n / \sum \frac{1}{x}$$

Для сгруппированного ряда средняя гармоническая равна:

$$\bar{x}_h = n / \sum \left( f \frac{1}{x} \right)$$

а средняя арифметическая равна 4,1

Средняя квадратическая (кубическая)

В некоторых биологических исследованиях изучают признаки выраженные мерами площади или объема, например, размер корзинок подсолнечника от которой зависит продуктивность растений, размер колоний микроорганизмов, величина листовых пластинок с которой связана продуктивность фотосинтеза и т.д.

В этих случаях приходится прибегать к вычислению средней квадратической (кубической).

Средняя квадратическая равняется корню квадратному их суммы квадратов вариантов, отнесенное к их общему числу наблюдений:

$$\bar{x}_q = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n}} \quad \text{или} \quad \bar{x}_q = \sqrt{\frac{\sum fx^2}{n}}$$

Средняя геометрическая

В сельскохозяйственных и биологических исследованиях часто изучают развитие тех или иных признаков во времени, например, изменение высоты стебля, листовой поверхности в разные периоды жизни растений, т.е. в динамике. В этих случаях нельзя пользоваться средней арифметической, а вместо неё вычисляют среднюю геометрическую по формуле:

$$\bar{x}_g = \sqrt{x_1 * x_2}$$

Средняя геометрическая – это корень квадратный из произведения дат. Если дат больше двух, то нужно прологарифмировать их с помощью десятичных логарифмов.

$$\lg \bar{x}_g = \frac{1}{n} (\lg \bar{x}_1 + \lg \bar{x}_2 + \dots + \lg \bar{x}_n) = \frac{1}{n} (\sum \lg \bar{x}_i)$$

Таким образом средняя арифметическая – это центр от которого изменяется вариационный ряд.

По средней арифметической нельзя сказать, как варьирует признак. Поэтому средняя арифметическая не может быть критерием для оценки характера вариационного ряда.

Наиболее подходящей мерой варьирования служит среднее квадратическое отклонение вариант от средней арифметической, иначе называемой дисперсией, вариантной и среднее квадратическое отклонение или стандартное отклонение. Дисперсию обозначают  $\sigma^2$  (сигма) или  $S^2$ , а стандартное отклонение  $\sigma$  или  $S$ .

Изменчивость живых организмов проявляется в виде разброса или рассеяния значений отдельных признаков. Для характеристики различий между отдельными значениями случайной переменной  $X$  нужен такой показатель, который обобщал бы колебательность всех вариантов. Для этого нужно сравнивать варианты или друг с другом, или со средней арифметической.

Казалось бы, наиболее простым способом характеристики вариации в совокупности было бы сложить все отклонения  $(x_i - \bar{x})$  и получить сумму  $\sum (x_i - \bar{x})$  и разделить её на  $n$ . Но согласно основному свойству средней арифметической  $\sum (x_i - \bar{x}) = 0$ . Поэтому для характеристики разброса данных, рассеяния  $\bar{x}$  не пригодны, нужно использовать дисперсию  $\sigma^2$  или  $S^2$ .

Она характеризует рассеяние значения переменной величины около средней арифметической  $\bar{x}$  и представляет собой частное от деления сумма квадратов отклонений  $\sum (x_i - \bar{x})^2$  на число всех измерений без 1.

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

Знаменатель « $n-1$ » называют в статистике числом степеней свободы. Такое название объясняется тем, что при вычислении любых средних величин используют числа независимых величин. число наблюдений, т.е.  $n$ . Когда же вычисляют среднее квадратическое отклонение, то число называемых величин будет не  $n$ , а  $n - 1$ , так как одно любое отклонение зависимое и может быть найдено из равенства  $(x_i - \bar{x})$ . Остальные отклонения могут свободно варьировать. Принимать любые значения.

Следует отметить, что:

- 1) Размерность дисперсии измеряется от дробных до целых значений;
- 2) Дисперсия не может иметь отрицательного значения;
- 3) Цели больше показатели дисперсии, тем больше изменчивость признака, тем рыхлей получается вариационный ряд;
- 4) Дисперсия выражается в именованных единицах результативного признака. Они выражаются квадратом именованной величины, например:  $m^2$ ,  $кг^2$ ,  $т^2$ . В этом плане неудобно.

Поэтому чтоб избавиться от квадратов предложено вычислить среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  или  $S$ .

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

Дисперсия и стандартное отклонение служит мерами вариации, мерами рассеяния результативного признака. Вокруг средней арифметической.

Для не сгруппированного ряда дисперсию и стандартное отклонение определяют по формуле

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

Можно дисперсию не определять, а сразу найти среднее квадратическое отклонение:

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

Чем выше значение стандартного отклонения, тем больше варьирование признака в данном вариационном ряду. Стандартное отклонение также имеет положительное значения.

Основные свойства дисперсии и среднего квадратического отклонения.

1. Если все значения признака одинакова, то они совпадают со своей средней; отклонения равны 0. Нулю равны и дисперсия и стандартное отклонение.

2. Если каждую варианту совокупности увеличить (уменьшить) на одну и ту же величину А, то средняя арифметическая  $\bar{x}$  увеличивается (уменьшается) на ту же величину, отклонения же останутся без изменения. Следовательно, и дисперсия и стандартное отклонение останутся без изменения.

3. Если все значения вариант умножить на одно и то же число К средняя  $\bar{x}$  увеличится во столько же раз, а квадраты отклонений увеличатся в  $K^2$  раз. Отсюда следует, что дисперсия увеличится в  $K^2$  раз, среднее квадратическое отклонение увеличится только в К раз.

4. Дисперсия равна разности между средними квадратами значений признака и квадратом их средней арифметической.

$$S^2 = \frac{\sum x^2}{n} - \left( \frac{\sum x}{n} \right)^2$$

Таким образом средняя арифметическая и среднее квадратическое отклонение дают полную количественную характеристику любой эмпирической совокупности.

Средняя арифметическая отображает действие на признаках основных причин, определяющие типичный для популяции уровень его развития.

Среднее квадратическое отклонение характеризует варьирование значений этого признака вокруг центра распределения, т.е. вокруг средней арифметической. Оно является мерой влияния на признак различных причин, вызывающих варьирование.

Следовательно, стандартное отклонение – это показатель, который дает представление о наиболее вероятной средней ошибке отдельного единичного наблюдения взятого изданной совокупности. В пределах одного значения укладывается примерно 68,3% всех вариант. Возможны отклонения от  $\bar{x}$  превосходящие  $\pm 1S$ , но вероятность встречи их по мере удаления от  $\pm 1S$  уменьшается. Поэтому утроенное значение стандартного отклонения принято считать предельной ошибкой отдельного наблюдения.

Биолог почти всегда имеет дело с выборками, когда он проводит опыт с животными или растениями. Генеральные совокупности остаются при этом неизвестными. Исследователь преследует цель: сделать по выборке заключение о всей генеральной совокупности. При этом неизбежны ошибки..

Отсюда теоретическая статистика доказывает, что ошибка выборочной средней  $S_{\bar{x}}$  определяется отношением среднего квадратического отклонения к корню квадратному из числа объема выборки, то есть

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} \quad S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad \text{тогда } S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n*(n-1)}}$$

Ошибка средней арифметической называется, отклонение выборочной средней от средней всей генеральной совокупности

Абсолютная ошибка выборочной средней выражается в именованных единицах результативного признака. Ошибка – всегда величина положительная. Чем больше ошибка, тем сильнее варьирует признак и недостаточна выборка.

Если вариационные ряды представлены в разных единицах и их ошибки требуется сравнивать между собой, то для удобства определяют относительную ошибку средней, в %.

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

Иногда её обозначают буквой Р и называют типичностью опыта. В последнее время от этого термина отказались в силу того, что при одних и тех же значениях выборочных средних возрастание Р свидетельствует о том, что опыт ставится менее точным, поскольку, чем больше абсолютная ошибка опыта, тем выше и относительная и Р. Кроме того, Р часто необоснованно использовали и для оценки качества опытной работы и для браковки опыта. Поэтому правильно сказать не точность опыта, а относительная ошибка.

Главное в любой опытной работе не искать ошибку, а доказать различие между вариантами.

$$d = \bar{x}_в - \bar{x}_{контр} \text{ больше ошибки}$$

Если разница между средними равна или больше чем в 3 раза абсолютной ошибки, то она достоверна:  $d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2 \geq S\bar{x}$

Для сравнения вариации различных признаков применяют коэффициент вариации (V).

Коэффициент вариации – это отношение S к  $\bar{x}$ , выраженное в %. Он показывает какой % от  $\bar{x}$  составляет S:

$$V = \frac{S}{\bar{x}} * 100.$$

Он изменяется от 1 до 100%.

Изменчивость небольшая если  $V < 10\%$

Средняя  $V = 10 - 20\%$

Большая  $V > 20\%$

Степень выраженности материала – величина дополняющая значение V до 100 называют коэффициентом выраженности, обозначают В.

$$B = 100 - V$$

Таким образом, коэффициент вариации дает возможность сравнить изменчивость признаков, которые выражаются в различных единицах измерения и таким образом установить различия в степени изменчивости.

$$\mu = \bar{x} \pm t_{05} S\bar{x}$$

$$D = \bar{x} \pm t_{05} S.$$

## Список литературы

### Основная литература

1. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 110400 «Агрономии» /А.Ф.Дружкин, Ю.В.Лобачев, Л.П.Шевцова, З.Д.Ляшенко. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013.-283с.-ISBN 978-5-7011-0767-8.

2. Основы опытного дела в растениеводстве: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агрономия» и агроинженерным

специальностям /В.В.Ещенко,М.Ф.Трифорова,П.Г.Копытько,А.М.Соловьев и др.-М.: «Колос»,2009.268с.ISDN 978-5-9532-0711-9.

3.Литвинов С.С. Методика полевого опыта овощеводстве /С.С.Литвинов- М.:ГНУ ВНИИО,2011-636.

4.Основы научных исследований в агрономии: учебник/ Б.Д.Кирюшин, Р.Р.Усманов, И.П.Васильев.- М.: «Колос»,2009,-398с.

*Дополнительная литература*

1.Основы научных исследований в агрономии: учебное пособие для студентов агрономических специальностей/ М.Н.Худенко, А.Ф.Дружкин, В.Б.Нарушев. и др.- Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»,2003.140с.-ISBN 5-7011-0335-8

2.Основы научной агрономии: учебное пособие/ Л.П.Шевцова, А.Ф.Дружкин, Н.Н.Кулева и др.;под ред. Л.П.Шевцовой;ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- Саратов,2008,-150с.ISBN 978-5-9758-0697-7.

3.Практикум по основам научных исследований в агрономии/ В.В.Глуховцев ,В.Г.Кириченко, С.Н.Зудилин.- М.: «Колос»,2006,-240с.

## Лекция 8 Эмпирические теоретические распределения

### 8.1. Графическое изображение эмпирического вариационного ряда и его использование в практических целях

Главная задача статистической обработки экспериментальных данных – найти такие показатели, которые характеризуют особенности изучаемых совокупностей, и позволяют сравнить их между собой.

Статистические совокупности характеризуют 2 показателя:

1. Среднее значение варьирующего признака;
2. Показатель степени варьирования.

Понимание этих показателей начинается с изучения обширного материала и представления исходных данных в виде таблиц и графиков.

Графическое изображение эмпирического вариационного ряда дает наглядное представление о распределении данных в полевом опыте.

Допустим в отображенных случайным способом 50 колосьях двурядного ячменя были подсчитаны зерна

21	27	17	20		23
16	21	24	18	и т.д.	15
9	18	22	15		25
16	17				

В таком виде по данным трудно характеризовать колосья по зерну. Лучший результаты в таких случаях, получается, от распределения совокупности в интервальный вариационный ряд.

Для этого необходимо определить число групп (классов) в данном вариационном ряду.

Число колосьев зависит от задачи исследования, характера собранного материала, объема выборки и ориентировочно можно вычислить:  $n$

$$K = \sqrt{n}$$

Но в любом случае количество колосьев не должно быть  $5 < K < 20$ .

После установления числа групп необходимо определить величину интервала  $i$ . Величина интервала – это промежутки на которые разбивается вариационный ряд. Для этого размах варьирования признаков  $X_{\max} - X_{\min}$ : на количество колосьев

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{K}$$

Величину классового промежутка, который обычно берется целым числом и постоянно для всех интервалов ряда можно определить по формуле Г.А. Стерджес, 1926 г.

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{1 + 3,32 * L_{qn}}, \text{ где}$$

$L_{qn}$  – десятичный логарифм общего числа вариант данной совокупности.

Формула Стерджеса позволяет определить то минимальное число классов, на которые разбивают вариацию признака. Близкой к формуле Стерджеса является формула К. Брукса и Н. Карузера (1963 г.) Число интервалов (групп)  $K$  при данном объеме наблюдений  $n$  определяют исходя из условия  $K \leq 5 * L_{qn}$ , тогда величина классово промежутка равна

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{5 * L_{qn}}$$

затем готовят макет таблиц сгруппированного распределения частот результата измерений. В первой колонке записывают.

Группа интервал группировки	Расстояние дат	Частота	Среднее значение групп (групповые варианты)	FX	X <sup>2</sup>	F X <sup>2</sup>

Начало класса (нижняя граница) определяется путем последовательного прибавления к min дате значение классового промежутка столько раз, на сколько классов разбит ряд данных.

2) Каждая верхняя граница классового промежутка должна быть < нижней границы последующего класса на единицу измерения (цена деления).

Для разности дат по классам пользуются следующими методами:

1. способ «штрихов»
2. способ «конвертиков»
3. способ «елочки»
4. способ «домиков»

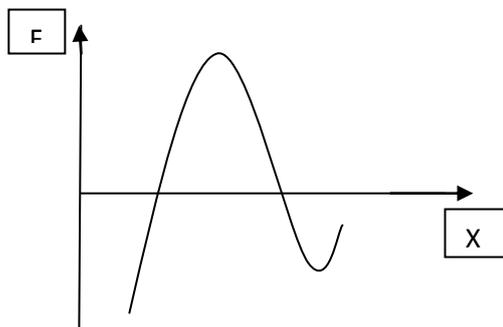
для определения среднего значения классов (групп) необходимо к началу каждого класса прибавить  $\frac{i}{2}$  классового промежутка и записать в соответствующую графу.

Чтобы наглядно представить закономерность распределения изучаемого признака в совокупности, вариационные ряды изображают графически.

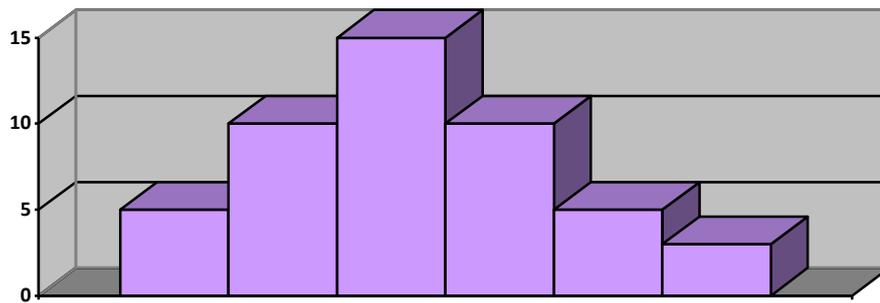
Графическое изображение вариационного ряда в общем виде получило название кривой распределения или вариационной кривой.

Существует два способа графического изображения вариационных рядов.

Первый из них применяется при непрерывном изменении. Он носит название полигоны распределения



При прерывистой изменчивости частоту вариационных рядов следует выражать в виде столбиков, основанием которых является значение класса, а высотой — численность класса (частоты).



Такой ступенчатый график носит название гистограммы. Из гистограммы легко получить полигон распределения. Для этого нужно соединить линиями середины верхних сторон всех столбиков.

Этот график говорит о том, что в данном вариационном ряду значение признаков встречается с не одинаковой частотой.

Наиболее часто встречается даты близкие к средней арифметической, т.е. живые объекты чаще развиваются близко к средней величине значений признака.

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

Вокруг средней арифметической рассеяны значения варьирующего признака (S).

Следовательно, средняя арифметическая  $\bar{x}$  и стандартное отклонение (S) являются статистическими характеристиками, при помощи которых дается эмпирическое распределение частот.

## 8.2. Качественная изменчивость и её статистические характеристики.

В биологическим и агрономических исследованиях часто приходится иметь дело с качественной или атрибутивной изменчивостью признаков: разная форма и окраска семян, расщепление гибридов, разные виды болезней, форма плодов и т.д.

Частным случаем атрибутивной изменчивости является альтернативная (двояковозможная) изменчивость, Основными статистическими показателями качественной изменчивости является:  $p$  доля признака,  $S$  показатель изменчивости,  $V$  коэффициент вариации и  $S_p$  стандартная ошибка доли.

При альтернативной изменчивости совокупность группируется в два класса.

$N$  – объем выборки: на больные ( $n_1$ ) и здоровые растения ( $n_2$ ).

Доля признака или относительная численность (частота) отдельной варианты, обозначаются  $P_1, P_2$  и может выражена в частях единицы или в процентах.

Сумма всех долей в пределах совокупности равна 1.

Доля признака – это отношение численности каждого из членов ряда к численности всей совокупности  $N$ .

$$P_1 = \frac{n_1}{N}, \text{ т.е. это вероятность наступления событий.}$$

При альтернативной изменчивости вариантность двух противоположных событий всегда равна  $p + q = 1$ , тогда значение  $q = 1 - p$ .

Второй показатель. Показатель изменчивости признака  $S$  характеризует варьирование величины ряда относительно друг друга и определяется по формуле:

$$S = \sqrt{p * q}, \text{ где}$$

$p$  – доля большого признака

$q$  – доля здорового признака

В зависимости от соотношения  $P$  и  $q$  значение  $S$  изменятся от 0 до 0,5. Максимальная изменчивость количественного признака  $S_{\max}$  будет наблюдаться тогда когда  $p = q = 0,5$  и  $S_{\max} = \sqrt{p * q} = \sqrt{0,5 * 0,5} = 0,5$  (50%).

Пользуясь величиной  $S_{\max}$  можно вычислить коэффициент вариации качественных признаков по формуле

$$V_p = \frac{S}{S_{\max}} * 100, \text{ где}$$

$V_p$  – коэффициент вариации качественных признаков;

$S$  - стандартное отклонение;

$S_{\max}$  - максимальное значение изменчивости признака

Максимальное значение  $V_p = 100\%$  наблюдается, очевидно при  $S = S_{\max}$ .

Для оценки достоверности при определении ошибки доля признака в совокупности вычисляют стандартную ошибку доли по формуле

$$S_p = \frac{S}{\sqrt{n}}, \text{ где}$$

$S_p$  – стандартная ошибка доли;

$S$  – показатель стандартного отклонения признака

$n$  – объем выборки.

Для альтернативной изменчивости значение признака равно  $S = \sqrt{p * q}$ , тогда формула ошибки выборочной доли принимает вид:

$$S_p = \sqrt{\frac{p * q}{N}}, \text{ где}$$

$N$  – объем выборки.

Атрибутивная изменчивость

Для атрибутивной изменчивости  $P_1, P_2, P_3 \dots$  и  $q$  – доли признака в совокупности;

$n_1, n_2, \dots, n_k$  – численность группы;

$N$  – объем выборки;

$K$  – число градаций признака

Доля признака при  $K > 2$

$$P_1 = \frac{n_1}{N};$$

$$P_2 = \frac{n_2}{N};$$

$$P_k = \frac{n_k}{N};$$

Стандартное отклонение,  $K > 2$   $LqS$

$$S = \sqrt[3]{P_1 * P_2 * P_k} = LqS = \frac{LqP_1 * LqP_2 * LqP_k}{K}$$

Остальные показатели по тем же формулам определяются коэффициент вариации

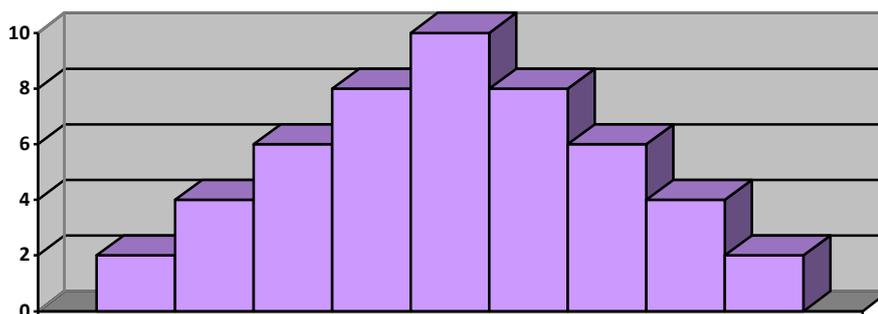
### 8.3. Теоретическое распределение и их использование.

Различают два вида распределения частот совокупности изучаемого признака: эмпирические и теоретические распределения.

Эмпирические распределения это распределения получаемые в результате наблюдений ( распределение растений по высоте, массе, урожайности и т.д.). они подчиняются или соответствуют определенным теоретическим распределениям особенно при очень большом числе наблюдений  $n \rightarrow \infty$ .

При беспредельном увеличении числа наблюдений, эмпирическое распределение вариант в вариационном ряду приближается к теоретическому под названием закону нормального распределения. Оно отличается от биномиального распределения. Биноминальное распределение выражается формулой  $(P + q)^n$ , где  $P+q=1$ .

При графическом изображении биномиального или прерывистого дискретного распределения получают ступенчатую симметрическую гистограмму



По мере увеличения размера выборки  $n$  или показателя степени бинома Ньютона ступени гистограммы будут становиться все меньше и меньше, а график будет постепенно приобретать вид кривой нормального распределения



Нормально распределение было открыто Де Муавром в 1773 г. т.е. через 20 лет после того, как Я. Беркули подробно описал биномиальное распределение. Затем нормальное распределение было детально изучено математиками С. Лапласом (1780 г.) и К. Гауссом 1809 г. В честь заслуг Гаусса нормальное распределение называют гауссовским, а кривую - кривой Гаусса.

Кривая нормального распределения простирается в обе стороны от  $\bar{x}$  до  $\infty$ , т.е. возможны, как очень большие, так и очень маленькие значения величины  $X$ .

Однако частота этих значений их вероятность по мере удаления от центра  $\bar{x}$  становится все меньше и меньше.

Таким образом, в середине кривой размещаются значения генеральной средней  $\mu$  - вправо и влево от неё откладывают частоту встречаемых дат в зависимости от стандартного отклонения.

Уравнение кривой нормального распределения имеет вид:

$$y = \frac{1}{G\sqrt{2\pi}} L^{-\frac{1}{2}} \left( \frac{X - \mu}{G} \right)^2, \text{ где}$$

$Y$  – ордината кривой, или вероятность появления случайной величины  $X$ ;  
 $G$  – стандартное отклонение;  
 $L$  – основной натуральный логарифм  $L=2,718$ ;  
 $\pi$  – постоянное число = 3,14.

Положение и форма кривой нормального распределения полностью определяется двумя параметрами: генеральной средней -  $\mu$ , которая находится в центре и стандартном отклонении  $G$ , которая измеряет вариацию отдельных наблюдений около средней.

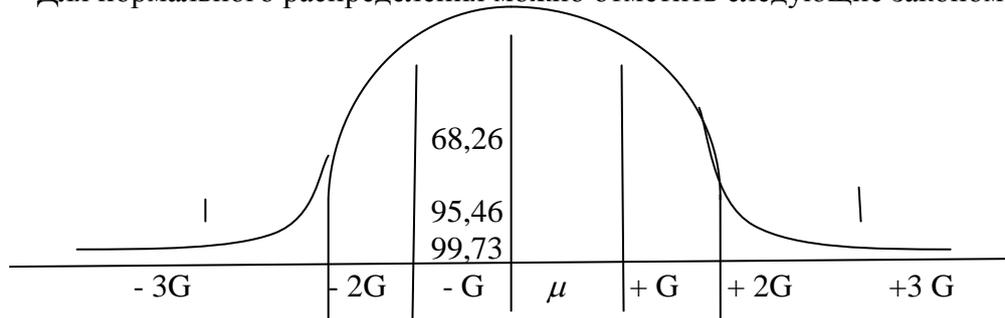
Максимум или центр нормального распределения лежит в точке  $X = \mu$ ; точка перегиба кривой находится при  $X_1 = \mu - G$  и  $X_2 = \mu + G$ .

Размах колебаний от  $\mu$  вправо и влево зависит от величины  $G$  и укладывается в основном в пределах трех стандартных отклонений  $\mu \pm 3G$  или трех нормативных отклонений  $\pm 3t$ , так как  $t$  выражено в  $G$ .

$$t = \frac{X - \mu}{G}$$

Вероятность встретить значение  $X$  превосходящее  $\mu$  на  $\pm 3G$ , составляет около 0,3% от всех возможных значений. Поэтому величину равную  $\pm 3G$  принято называть предельной ошибкой отдельного наблюдения, а величину тройной ошибки средней арифметической  $\pm 3S_{\bar{x}}$  – предельной ошибкой средней арифметической.

Для нормального распределения можно отметить следующие закономерности:



1. В общем  $\mu \pm G$  лежит 68,26% всех наблюдений;
2. Внутри пределов  $\mu \pm 2G$  находится 95,46 % всех значений случайных величин
3. И наконец, интервал  $\mu \pm 3G$  характеризует 99,73%, т.е. практически все значения.

Величина  $\mu \pm G$  – называется доверительными границами или уровнем вероятностей.

Площадь под кривой, ограниченную от среднего на  $t$  стандартных отклонений, выраженную в % со всей площади называют статистической надежностью, или уровнем вероятности  $P$ .

Уровень вероятности показывает вероятность появления значения признака в области  $\mu \pm tG$ .

Вероятность того, что значение варьирующего признака находится вне указанных пределов, называется уровнем значимости  $P_1$ . Он показывает вероятность отклонения признака от установленных пределов варьирования случайных величин.

Принимая вероятность  $x \pm 2S = 95,5$  риск сделать ошибку составляет 0,05 (5%) или 1 на 20. При  $x \pm 3S$  и вероятности 0,99 (99%) или сделать ошибку составляет 1 раз на 100 случаев.

Поскольку мы всегда имеем дело с выборками, то вариационные ряды очень часто бывают ассиметричны.

Ассиметрия может быть:

1, Положительный или правосторонней, т.е. когда увеличиваются частоты правой части.

2.Отрицательной или левосторонней, когда увеличиваются частоты левой части.

Причины ассиметрии следующие:

1)Неправильно выбрано проба или она мала, или нарушена типичность, т.е. в неё вошли непропорционально много (мало) представители вариант ;

2)Не все особи могут развивать в себе среднюю величину признака;

3) В пробу попали растения (особи) разного происхождения (смесь сортов, смесь культур и т.д.). Это бракуется.

В отдельных случаях (при более частом появлении и средних и крайних значения признака) кривые распределения образуют так называемые положительные эксцессивные распределения (острые пирамиды с расширенными основаниями) или отрицательные эксцессивные распределения (в центре образуется вершина с выпалами и кривая становится двухвершинная)

Многовершинные и двухвершинные кривые в основном указывают на то, что в выборку попали представители нескольких совокупностей. Например, смесь сортов и т.д.

## Список литературы

### *Основная литература*

1.Основы научных исследований в растениеводстве и селекции: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 110400 «Агрономии» /А.Ф.Дружкин, Ю.В.Лобачев, Л.П.Шевцова, З.Д.Ляшенко. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»,2013.-283с.-ISBN 978-5-7011-0767-8.

2.Основы опытного дела в растениеводстве: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агрономия»и агроинженерным специальностям /В.В.Ещенко, М.Ф.Трифорова, П.Г.Копытько, А.М.Соловьев и др.-М.: «Колос»,2009.268с.ISDN 978-5-9532-0711-9.

3.Литвинов С.С. Методика полевого опыта овощеводстве /С.С.Литвинов- М.:ГНУ ВНИИО,2011-636.

4.Основы научных исследований в агрономии: учебник/ Б.Д.Кирюшин, Р.Р.Усманов, И.П.Васильев.- М.: «Колос», 2009,-398с.

### *Дополнительная литература*

1.Основы научных исследований в агрономии: учебное пособие для студентов агрономических специальностей/ М.Н.Худенко, А.Ф.Дружкин, В.Б.Нарушев. и др.- Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»,2003.140с.-ISBN 5-7011-0335-8

2.Основы научной агрономии: учебное пособие/ Л.П.Шевцова, А.Ф.Дружкин, Н.Н.Кулева и др.;под ред. Л.П.Шевцовой;ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- Саратов,2008,-150с.ISBN 978-5-9758-0697-7.

3.Практикум по основам научных исследований в агрономии/ В.В.Глуховцев, В.Г.Кириченко, С.Н.Зудилин.- М.: «Колос»,2006,-240с.

## Лекция 9 . Статистические методы проверки гипотез

### 9.1. Понятие о нулевой и статистической гипотезе

Статистическая гипотеза – это научное предложение о статистических законах распределения случайных величин, которые можно проверить на основе выборки.

Статистические методы проверки гипотез применяются в следующих случаях:

- 1) когда необходимо перенести суждения с выборки на всю генеральную совокупность;
- 2) когда необходимо оценить существенность различия между выборочными средними;
- 3) для оценки соответствия между фактическими и теоретическими распределениями частот;
- 4) при решении вопроса о принадлежности даты к данной совокупности;
- 5) в корреляционном и регрессионном анализе.

В большинстве случаев задача сводится к проверке гипотезы об отсутствии реального развития между фактическими и теоретически ожидаемыми наблюдениями. Такую гипотезу называют нулевой гипотезой и обозначают  $H_0 : d = 0$ .

Если в результате проверки на различия между фактическими и теоретическими показателями близки к 0, или находятся в области допустимых значений то,  $H_0$  не отвергается, т.е. она принимается. Принятие  $H_0$  означает, что между фактическими и теоретическими распределениями предлагается совпадение. Отбрасывание (отвержение) гипотезы означает, что эмпирические данные несовместимы с  $H_0$ , а верна какая-то другая противоположная (альтернативная) гипотеза.

В полевом эксперименте мы имеем дело с гипотезой рабочей и статистической.

Рабочая гипотеза предполагает на основании, каких факторов, изменяется результативный признак.

Статистическая гипотеза –  $H_0$  предполагает, что разница между средними арифметическими сравниваемых вариантов не существенна, т.е. разница между ними нет  $H_0 : d = 0$

$$d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$$

Задача: необходимо доказать или отвергнуть нулевую гипотезу ( $H_0$ ) с помощью определенных критериев.

Статистические критерии зависят от характера распределения. Для проверки нулевой гипотезы ( $H_0$ ) используют критерии двух типов: параметрические и непараметрические.

Параметрические – это такие критерии, которые укладываются в определённые границы и подчиняются закону нормального распределения. К таким критериям относятся критерии  $t$ ,  $F$ ,  $\chi^2$ , и критерий Пирсона.

Непараметрические критерии используют очень редко да и то в предварительных исследованиях. Их используют тогда, когда не известна характер распределения частот в полученном материале, и когда распределение сильно отклоняется от нормального.

## 9.2. Точечная и интервальная оценка параметров распределения и методы её проверки.

Существуют два метода оценки параметров распределения:

- 1) Точечная проверка гипотез;
- 2) Интервальная проверка гипотез.

Статистические характеристики выборочной совокупности являются оценками неизвестных параметров генеральной совокупности при определенном уровне значимости. Отсюда оценка параметрических систем может быть точечной. Например, выборочная средняя  $\bar{x}$  является несмещенной точечной оценкой генеральной средней  $\mu$ , а выборочная дисперсия  $S^2$  – несмещенной точечной оценкой генеральной дисперсии  $G^2$  (сигма).

Точечную оценку генеральной средней  $\mu$  с ошибкой  $S_{\bar{x}}$  можно записать так:

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

Это значит, что  $\bar{x}$  является точечной оценкой  $\mu$  с ошибкой равной  $S_{\bar{x}}$ .

Точечная оценка почти не применяется, а применяется интервальная оценка.

Интервальная оценка определяет границы интервала от и до, т.е. она характеризуется двумя числами – началом и концом, которые покрывают оцениваемый периметр.

Доверительный интервал для генеральной средней определяют по формуле:

$$\bar{x} - tS_{\bar{x}} \leq \mu \leq \bar{x} + tS_{\bar{x}}, \text{ или в более удобной формуле}$$
$$\mu = \bar{x} \pm tS_{\bar{x}}, \text{ где}$$

$tS_{\bar{x}}$  - предельная ошибка выборочной средней при данном числе степеней свободы и принятом уровне значимости.

Центр такого интервала – это выборочная средняя. Крайние точки интервала – начало  $\bar{x} - tS_{\bar{x}}$  и конец  $\bar{x} + tS_{\bar{x}}$  - называются доверительными границами.

Таким образом доверительным называют такой интервал, который с заданной вероятностью покрывают оцениваемый параметр.

Интервальная оценка параметров распределения и проверка  $H_0$ .

Интервальную оценку параметров распределения можно использовать для проверки гипотез, когда необходимо сравнить выборочные средние.

Доверительные интервал для генеральных средних перекрывают друг друга, поэтому разность между средними  $d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 3$  несущественно, т.к.  $H_0: d = 0$  не отвергается.

Нулевую гипотезу можно проверить другим способом по ошибке разности  $S_d$ .

$H_0: d \neq 0$  отвергается, т.к. доверительный интеграл включает область положительных значений и  $d > t_{05} * S_d$ .

По НСР Least Significant difference (LSd) Наименьшая существенная разность широко используется: 1) при построении доверительных интервалов и 2) при проверке статистических гипотез.

Величина указывающая границу предельным случайным отклонениям, называется наименьшей существенной разностью (НСР). Она определяется по формуле

$$\text{НСР} = t_{05} * S_d$$

Если фактическая разность между средними  $d \geq \text{НСР}$ , то  $H_0$  отвергается и между выборочными средними есть существенное различие, а если  $d < \text{НСР}$  –  $H_0$  принимается (не отвергается).

Доверительный интервал для разности генеральных средних вычисляют по соотношению.

$d - НСР < D \leq d + НСР$  или  $d \pm НСР$ , где

$d$  – разность между выборочными средними

$D$  – разность между генеральными средними.

$НСР = t * Sd$  – представляет предельную ошибку разности выборочных средних при данном числе степеней свободы  $n_1 + n_2 = 2$  и принятом уровне значимости.

Используя величину стандартного отклонения можно определить интервал для отдельного наблюдения  $\chi$  и всей совокупности:

$$\bar{x} - tS \leq \mu \leq \bar{x} + tS \quad \mu = \bar{x} \pm tS.$$

Величина  $tS$  – область разброса индивидуальных значений величины  $\bar{x}$ .

### 9.3. Оценка существенности разности выборочных средних по t- критерию.

При оценке существенности разности между выборочными средними необходимо отметить два случая:

1) Сравниваются средние для несопряженных вариационных рядов - это средние не связаны каким-либо общим условием между собой. Они не имеют систематических ошибок. Систематическая ошибка – это ошибка которая получается за счет разницы территориальной изменчивости плодородия почвы. Примером несопряженных (несвязанных) наблюдений могут служить вегетационные опыты, лизиметрические наблюдения и т.д.

В этом случае оценивается по t-критерию Стьюдента существенность разности средних.

$$d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2.$$

Из теории статистики известно, что ошибка разности или суммы средних арифметических независимых выборок при одинаковом числе наблюдений  $n_1 = n_2$  определяется по формуле:

$$Sd = \sqrt{S_{x_1}^2 + S_{x_2}^2}, \text{ где}$$

$Sd$  – ошибка разности или суммы

$S_{x_1}; S_{x_2}$  - ошибка средних арифметических  $\bar{x}_1$  и  $\bar{x}_2$ .

При вычислении  $Sd$  необходимо:

А) вычислить средние арифметические;

Б) вычислить  $x - \bar{x}$  отклонений;

Г) вычислить  $(x - \bar{x})^2$  квадраты;

Д) вычислить  $\sum (x - \bar{x})^2$  сумма квадратов отклонения

Затем определить абсолютные ошибки

$$S_{\bar{x}_1} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

$$S_{\bar{x}_2} = \frac{S_2}{\sqrt{n_2}} \text{ так же.}$$

Существенность или несущественность различий между выборочными средними устанавливают отношением разности к её ошибке разности по формуле:

$$t_{cp} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S_{x_1}^2 + S_{x_2}^2}} = \frac{d}{Sd}$$

$t$  – критерий существенности разности.

Критерий  $t$ -Стьюдента показывает на сколько разница между средними арифметическими  $>$  или  $<$  их ошибки разности.

Если  $t_{cp} \geq t_{теор}$ , то  $H_0$  об отсутствии существенного различия между средними опровергается.

Если  $t_{cp} < t_{теор}$ , то различия находятся в пределах случайных колебаний для принимаемого уровня значимости и  $H_0 : d = 0$  не отвергается.

2-ой случай

Оценивают существенность средней разности ( $\bar{d} = \sum d:n$ ) для сопряженных вариационных рядов.

Здесь сравниваются две сопряженные выборки, которые связаны какими-то общими условиями. Связанные выборки имеют систематические ошибки. Это обычно полевые эксперименты. В них обычно ошибку разности средних вычисляют разностным методом. Сущность его заключается в том, что производится оценка не разности средних ( $d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$ ), а оценка средней разности  $\bar{d} = \sum d:n$ , хотя в математическом отношении это одна и та же величина.

Для определения ошибки средней разности  $Sd$  в этом случае вычисляют: 1) Разности между сопряженными парами; 2) величину средней разности  $\bar{d} = \sum d:n$ ; 3) квадраты разности и сумму квадратов разности, а затем по формуле вычисляют ошибку средней разности:

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

Критерий существенности:

$$t = \frac{\bar{d}}{S\bar{d}}$$

число степеней свободы определяют:  $v = n - 1$ , где  $n$  – число сопряженных пар.

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

Иногда встречаются случаи, когда выборочная совокупность включает в себя даты, которые резко отличаются от основной массы наблюдений, например:

8, 15, 17, 18, 28.

Однако браковать или отбрасывать данные можно только на основании статистической проверки гипотез.

Проверка гипотезы о принадлежности сомнительных вариантов  $x_1$  и  $x_n$  к данной совокупности осуществляется по критерию  $\tau$  (тау). Критерий  $\tau$  – это отношение разности между сомнительной и соседней с ней датой к размаху варьирования.

Если  $\tau_{фак} \geq \tau_{теор}$ , то варианта или дата отбрасывается, а если  $\tau_{фак} < \tau_{теор}$ , то варианта оставляется а  $H_0$  не отвергается.

Для расчетов  $\tau_{фак}$  варианты располагают в порядке возрастания т.е. ряд данных ранжируют от  $x_1$  до  $x_2, \dots, x_{n-1}, x_n$ .

Сомнительными обычно бывают один или оба крайних члена, т.е.  $x_1$  и  $x_n$ , а не вызывающие сомнения ближайших к ним даты  $x_2$  и  $x_{n-1}$ , с которыми и сравнивают  $x_1$  и  $x_n$ .

Критерий  $\tau$  вычисляют по формуле:

$$\text{Для } x_1 \quad \tau_1 = \frac{x_2 - x_1}{x_{n-1} - x_1}$$

$$\text{Для } x_n \quad \tau_n = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_2}$$

Для вероятности нахождения сомнительной даты можно пользоваться доверительным интервалом для сомнительной даты  $x$  в пределах  $\bar{x} \pm 2S$  или уровень вероятности 95%,  $\bar{x} \pm 3S$  (уровень вероятности 99%).

Для малых выборок ( $n < 30$ ) проверка осуществляется по соотношению  $\bar{x} \pm tS$ . Значение критерия  $t$  берут из табл. 1 приложение

$$v = n - 1$$

стандартное отклонение рассчитывают по всей фактическим показателям.

Если  $x$  выходит за пределы  $\bar{x} \pm 2S$ , то  $H_0$  отвергается, а дата бракуется. Если  $x$  не выходит за пределы  $\bar{x} \pm 2S$  на 95%-ом уровне вероятности, то  $H_0$  не отвергается и дата останавливается.

#### 9.5. Оценка соответствия между наблюдаемыми с ожидаемыми распределениями по критерию хи-квадрат

Статистическая оценка расхождения между эмпирическими и теоретическими (ожидаемыми) частотами вариационного ряда производится с помощью особых критериев соответствия (согласия). Одним из таких критериев является критерий  $\chi^2$  (хи-квадрат), предложенный Пирсоном в 1901 году.

Критерий  $\chi^2$  – это частый случай нормального распределения.

Он применяется в следующих случаях:

1) Когда необходимо определить соответствие между эмпирическими и теоретическими распределениями частот;

2) Когда необходимо определить соответствие между двумя эмпирическим распределениями.

Особенно часто  $\chi^2$  применяется в генетическом анализе наследования. Например расщепление по Менделю (1:1, 3:1, 9:3:4, 9:3:3:1 и т.д.).

Теоретически ожидаемые показатели для данной группы объектов обозначаются через  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$ , а опытные (эмпирические) через  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ .

Отклонение фактических данных от теоретических будут равны как  $f_1 - F_1, f_2 - F_2, f_3 - F_3, \dots, f_n - F_n$ .

Общей мерой отклонения фактических данных от теоретических служит критерий  $\chi^2$ .

в более сжатом виде можно записать так:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f - F)^2}{F}$$

если

минирующий признак преобладает под не доминирующем как 3:1, т.е.  $\frac{3}{4}$  и  $\frac{1}{4}$ .

Если  $\sum(f - F) = 0$ , то  $\chi^2 = 0$ , что указывает на полное соответствие фактических частот с вычисленными частотами вариационного ряда.

Если  $\chi^2_{\text{ф}} < \chi^2_{\text{теор}}$ ,  $H_0$  сохраняется (принимается) и оправдывается положение, что расхождение между фактическими и теоретическими частотами носит исключительно случайный, а не систематический характер.

Если  $\chi^2_{\text{ф}} \geq \chi^2_{\text{теор}}$ ,  $H_0$  отвергается.

Следовательно, по критерию  $\chi^2$  устанавливают: соответствует ли эмпирическое распределение тому закону, по которому вычислены теоретические частоты.

Следует отметить, что в формуле  $\chi^2$  представлена только частоты, а не величина измерения.

При проверке гипотезы об соответствии эмпирических распределений нормальному желательно иметь не менее 5 наблюдений, а в каждой теоретически рассчитанной группе не  $< 5$ .

Число степеней свободы для  $\chi^2_{\text{теор}}$  равно числу групп (К) без 3.

$v = K - 3$ , потому что вычисления теоретических частот связано с тремя условиями, которые определяют нормальное распределение:

$n$  – объём выборки;

$\bar{x}$  - средняя арифметическая признака;

$S^2$  – дисперсия.

8.6. Оценка различий между дисперсиями по критерию F (Фишера)

Английский ученый Фишер открыл закон распределения отношений средних квадратов

$$\frac{S_1^2}{S_2^2} = F$$

Если взять независимые 2-е выборки объемом  $n_1$  и  $n_2$  подсчитать дисперсии  $S_1^2$  и  $S_2^2$  со степенями свободы  $v_1 = n_1 - 1$  и  $v_2 = n_2 - 1$ , то можно определить отношение дисперсий, которое было названо в честь Фишера – F – критерий Фишера

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad F \geq 1$$

Распределение Фишера F зависит только от числа степеней свободы  $v_1, v_2$ .

Если две сравниваемые выборки являются случайными независимыми из общей совокупности с генеральной средней, то фактическое значение F не выйдет за пределы теоретического значения F для данных степеней свободы  $v_1$  и  $v_2$ , то  $F_{\text{ф}} < F_{\text{теор}}$   $H_0 : d = 0$  принимается и между генеральными нет существенных различий.

Если генеральные параметры сравниваемых групп различны, то  $F_{\text{ф}} \geq F_{\text{теор}}$  и  $H_0 : d \neq 0$  отвергается. Теоретический критерий F находят по  $v$  в таблице.

#### Список литературы Основная литература

1. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 110400 «Агрономии» /А.Ф.Дружкин, Ю.В.Лобачев, Л.П.Шевцова, З.Д.Ляшенко. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013.-283с.-ISBN 978-5-7011-0767-8.

2. Основы опытного дела в растениеводстве: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агрономия» и агроинженерным специальностям / В. В. Ещенко, М. Ф. Трифонова, П. Г. Копытько, А. М. Соловьев и др. - М.: «Колос», 2009. 268 с. ISBN 978-5-9532-0711-9.

3. Литвинов С. С. Методика полевого опыта овощеводстве / С. С. Литвинов - М.: ГНУ ВНИИО, 2011 - 636.

4. Основы научных исследований в агрономии: учебник / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. - М.: «Колос», 2009, - 398 с.

Дополнительная литература

1. Основы научных исследований в агрономии: учебное пособие для студентов агрономических специальностей / М. Н. Худенко, А. Ф. Дружкин, В. Б. Нарушев. и др. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. 140 с. - ISBN 5-7011-0335-8

2. Основы научной агрономии: учебное пособие / Л. П. Шевцова, А. Ф. Дружкин, Н. Н. Кулева и др.; под ред. Л. П. Шевцовой; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». - Саратов, 2008, - 150 с. ISBN 978-5-9758-0697-7.

3. Практикум по основам научных исследований в агрономии / В. В. Глуховцев, В. Г. Кириченко, С. Н. Зудилин. - М.: «Колос», 2006, - 240 с.

## Лекция 10

### Дисперсионный анализ как основной метод планирования эксперимента и обработки полученных результатов учетов и наблюдений

#### 10.1. Сущность и основы метода. Сущность дисперсионного анализа

заключается в изучении статистического влияния одного или нескольких факторов на результативный признак. Результативный признак (y) - это элементарное качество или свойство объектов, изучаемое как результат влияния факторов: организованных в исследовании (X) и всех остальных, не организованных в данном исследовании (p, z).

Дисперсионный анализ используется для планирования эксперимента и статистической обработки экспериментальных данных. Современный эксперимент нельзя правильно спланировать, не зная основ дисперсионного анализа

Дисперсионный анализ позволяет одновременно обрабатывать данные нескольких вариантов, составляющих единый статистический комплекс, который оформляют в виде специальной таблицы.

Дисперсионный анализ ввел в практику сельскохозяйственных и биологических исследований английский ученый Р. Фишер. Первоначально он предложил такой показатель, как критерий достоверности различий средних квадратических отклонений

$$Z = \lg e \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}} \quad \text{Снедекор усовершенствовал формулу: } F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Сущность дисперсионного анализа заключается в том, что общую сумму квадратов отклонений и общее число степеней свободы раскладывают на части, компоненты и оценивают значимость действия и взаимодействия изучаемых факторов по F-критерию.

Исходные данные заносят в таблицу, определяют суммы по повторениям, вариантам и общую сумму всех наблюдений

$$\text{Затем вычисляют: } S = \frac{C_z}{(n-1)(l-1)}$$

1. Общее число наблюдений:  $N = ln$ , где  $l$  - число вариантов,  $n$  - число повторений

2. Корректирующий фактор

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

Суммы квадратов  $C_u$  суммы квадратов ошибки  $C_z$  делят на соответствующие степени свободы, т. е. приводят к сравнимому виду - одной степени свободы вариации.

При этом получают 2 средних квадрата (дисперсии): вариантов  $S_V^2 = \frac{C_V}{l-1}$  и ошибки

$$S = \frac{C_z}{(n-1)(l-1)}$$

Отношение этих средних квадратов используют в дисперсионном анализе для оценки значимости действия изучаемых факторов по F-критерию:

За единицу сравнения принимают средний квадрат случайной дисперсии, которая определяет случайную ошибку эксперимента.

Нулевая гипотеза гласит, что все выборочные средние являются оценкой одной генеральной средней, следовательно, различия между ними несущественны:  $H_0: d = 0$ , если  $F_{\text{фак}} < F_{\text{теор}}$ , нулевая гипотеза не отвергается, проверка на этом заканчивается.

Если  $F_{\text{фак}} > F_{\text{теор}}$  -  $H_0$ , отвергается. В этом случае дополнительно оценивают существенность частных различий по НСР и определяют, между какими средними имеются значимые различия.

Теоретическое значение критерия  $F$  находят по таблицам с учетом числа степеней свободы для дисперсии вариантов и случайной дисперсии. Обычно выбирают 95%-й, при более точной оценке - 99%-й уровень вероятности.

Все суммы квадратов ( $C_U, C_V, C_P, C_Z$ ) положительные числа, отрицательное значение означает, что допущена ошибка.

Для каждого вида эксперимента имеется математическая модель, или схема дисперсионного анализа.

Дисперсионный анализ дает возможность получить представление о степени, или доли влияния того или иного фактора в общей дисперсии признака, которую принимают за единицу или 100 %:

Преимущества дисперсионного анализа перед методом парных сравнений по критерию Стьюдента :

1. Вместо индивидуальных ошибок, средних по каждому варианту, в дисперсионном анализе используется обобщенная ошибка средних, которая опирается на большее число наблюдений, следовательно, является более надежной базой для оценки.

2. Методом дисперсионного анализа можно обрабатывать данные простых и сложных, однолетних и многолетних, однофакторных и многофакторных опытов.

3. Дисперсионный анализ позволяет компактно в виде существенности разностей представить итоги статистической обработки.

Оценку существенности разности между средними проводят несколькими методами:

1. Оценка значимости разности между средними по наименьшей существенной разности (НСР)

Критерий  $НСР_{05}$  указывает предельную ошибку для разности двух выборочных средних. НСР

Если фактическая разность  $d > НСР$ , то она существенна, значима, а если  $d < НСР$  - несущественна, незначима.

## 10.2. Алгоритм дисперсионного анализа однофакторного и многофакторного опыта

### Однофакторный вегетационный опыт

Если обрабатывают однофакторные статистические комплексы, состоящие из нескольких независимых выборок, например, 1 вариант в вегетационном опыте, то общая изменчивость результативного признака, измеряемая общей суммой квадратов  $C_U$ , расчленяется на два компонента: варьирование между вариантами  $C_V$  и внутри выборок  $C_Z$ . Модель дисперсионного анализа будет иметь следующий вид:

$$C_U = C_V + C_Z.$$

Вариация между вариантами представляет ту часть общей дисперсии, которая обусловлена действием изучаемых факторов, а дисперсия внутри выборок характеризует случайное варьирование изучаемого признака, то есть ошибку эксперимента.

Общее число степеней свободы  $N-1$  также расчленяется на

две части: степени свободы для вариантов  $1-1$  и для случайного варьирования  $N-1$

$$N-1 = (1-1) + (N-1).$$

Однофакторный полевой опыт

Если обрабатывают однофакторные статистические комплексы, когда варианты связаны каким-то общим контролирующим условием, например, наличием  $n$  организованных повторений в полевом опыте, общая сумма квадратов разлагается на 3 части: варьирование повторений  $C_p$ , вариантов  $C_v$  и случайное  $C_z$ . Общая изменчивость и общее число повторений может быть записано в виде:  $C_y = C_v + C_p + C_z$  — модель дисперсионного анализа полевого опыта  $N-1 = (n-1) + (1-1) +$   
 $+ (n-1)(1-1)$

Многофакторный опыт

Многофакторный дисперсионный комплекс - это совокупность исходных наблюдений, позволяющих статистически

оценить действие и взаимодействие нескольких изучаемых факторов на изменчивость результативного признака.

Эффект взаимодействия составляет ту часть общего варьирования, которая вызвана различным действием одного фактора при разных градациях другого. Специфическое действие в ПФЭ (полный факториальный эксперимент) выявляется тогда, когда при одной градации одного фактора, второй действует слабо или угнетающе, а при другой градации он проявляется сильно и стимулирует развитие результативного признака.

В полевом эксперименте обычно эффект от совместного применения факторов больше (синергизм) или меньше (антагонизм) суммы эффектов от отдельного применения каждого из них. Следовательно, существует взаимодействие факторов: в 1-м случае положительное, во втором - отрицательное. Когда факторы не взаимодействуют, прибавка от их совместного применения равна сумме прибавок от отдельного взаимодействия (аддитивизм).

Дисперсионный анализ данных многофакторного опыта проводят в два этапа:

1-й этап - разложение общей вариации результативного признака на варьирование вариантов и остаточное:  $C_y = C_v + C_z$  (несопряженные выборки) или  $C_y = C_v + C_p + C_z$  (сопряженные выборки).

2-й этап - сумма квадратов отклонения для вариантов разлагается на компоненты, соответствующие источникам варьирования, - главные эффекты изучаемых факторов и их взаимодействия.

В двухфакторном опыте  $C_v = C_a + C_b + C_{ab}$ .

В трехфакторном -  $C_v = C_a + C_b + C_c + C_{ab} + C_{ac} + C_{bc} + C_{abc}$

10.3. Преобразование и дисперсионный анализ данных учетов и наблюдений

Большинство признаков, характеризующих растения и почву, имеют количественные показатели, которые подчиняются закону нормального распределения, и их статистическую обработку проводят по схеме дисперсионного анализа с учетом структуры эксперимента.

Но некоторые показатели, например, количество вредителей, сорняков, оценка состояния посевов в баллах, дегустационная оценка качества продукции, не подчиняются закону нормального распределения и исходные данные необходимо преобразовать.

Если некоторые наблюдения дают нулевые или очень небольшие значения варьирующей переменной, то исходные

данные преобразовывают следующим образом  $X_1 = \sqrt{1 + X}$ , в

остальных случаях  $X = \sqrt{X}$ .

Обработку преобразованных дат проводят методом дисперсионного анализа. После оценки существенности частных различий делают обратный переход к исходному показателю по соотношению  $X_1 = \sqrt{X}$

В тех случаях, когда наблюдаемую величину выражают в относительных числах (проценты, доли), исходные даты преобразуют через уго-арксинус  $X_1 = \text{угол} - \text{арксинус} \sqrt{\%}$ , используя при этом специальную таблицу.

### Список литературы

#### *Основная литература*

1. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 110400 «Агрономии» / А.Ф. Дружкин, Ю.В. Лобачев, Л.П. Шевцова, З.Д. Ляшенко. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013. - 283 с. - ISBN 978-5-7011-0767-8.

2. Основы опытного дела в растениеводстве: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агрономия» и агроинженерным специальностям / В.В. Ещенко, М.Ф. Трифонова, П.Г. Копытько, А.М. Соловьев и др. - М.: «Колос», 2009. - 268 с. - ISBN 978-5-9532-0711-9.

3. Литвинов С.С. Методика полевого опыта овощеводстве / С.С. Литвинов. - М.: ГНУ ВНИИО, 2011. - 636 с.

4. Основы научных исследований в агрономии: учебник / Б.Д. Кирюшин, Р.Р. Усманов, И.П. Васильев. - М.: «Колос», 2009. - 398 с.

#### *Дополнительная литература*

1. Основы научных исследований в агрономии: учебное пособие для студентов агрономических специальностей / М.Н. Худенко, А.Ф. Дружкин, В.Б. Нарушев и др. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. - 140 с. - ISBN 5-7011-0335-8

2. Основы научной агрономии: учебное пособие / Л.П. Шевцова, А.Ф. Дружкин, Н.Н. Кулева и др.; под ред. Л.П. Шевцовой; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». - Саратов, 2008. - 150 с. - ISBN 978-5-9758-0697-7.

3. Практикум по основам научных исследований в агрономии / В.В. Глуховцев, В.Г. Кириченко, С.Н. Зудилин. - М.: «Колос», 2006. - 240 с.

# Лекция 11

## Корреляция и регрессия – основные методы измерения связей в растениеводстве

### 11.1. Понятие о корреляции и типы корреляции

В природе часто можно наблюдать, что изменчивость одного признака находится в некотором, иногда большом, соответствии с изменчивостью другого. Этому состоянию дано философское обоснование в законе о взаимосвязи и взаимной обусловленности между предметами и явлениями в живой природе и в философской категории о зависимости и детерминации между частью и целым.

Между признаками существует две категории связей: функциональные и корреляционные.

При функциональной зависимости изменение одного признака на определенную величину всегда изменяет и второй признак тоже на определенную величину, т. е. каждому значению первого признака всегда соответствует определенное значение второго. Эти связи изучаются в математических и физических обобщениях. Например, зависимость скорости химической реакции от температуры, длины окружности, от радиуса и т. д.

В живой природе организм развивается под действием большого числа факторов, которые по-разному определяют развитие разных признаков. Эти связи называются корреляционными или стохастическими (вероятностными или статистическими).

При корреляционной связи каждому определенному значению первого признака соответствует не одно значение второго, а целое распределение этих признаков (значений).

Корреляционная связь проявляется не для отдельного наблюдения, а в среднем для всей совокупности наблюдений, так как эти связи проявляются в форме сопряженного варьирования двух или нескольких признаков. Отклонение от средних значений по изучаемым признакам идут в какой-то степени сопряженно, параллельно.

Корреляционная связь не является точной зависимостью одного признака от другого, поэтому она имеет разную степень проявления - от полной независимости до очень сильной (приближающейся к функциональной) связи.

Для биолога чрезвычайно важно определить форму, направление и силу корреляционных связей. По форме корреляционные связи могут быть прямолинейными и криволинейными, по направлению прямыми и обратными.

При линейной связи с возрастанием среднего значения одного признака увеличивается среднее значение другого, или с возрастанием среднего значения одного уменьшается среднее значение другого. В первом случае связь называется прямой, во втором - обратной.

Изобразить корреляционные связи можно тремя способами:

1. При помощи корреляционного ряда, состоящего из ряда пар значений, из которых одно значение относится к первому признаку, другое - ко второму, связанному с первым.
2. При помощи корреляционной решетки, при которой каждой особи соответствует определенная клетка.
3. При помощи линии регрессии, абсциссы которой пропорциональны значениям первого признака, а ординаты - значениям второго, корреляционно связанного с первым.

По количеству изучаемых признаков корреляция бывает простой, если изучается связь между двумя признаками, и множественной, если изучается зависимость одного признака от нескольких..

В агрономических исследованиях для изучения связи между двумя параметрами используют корреляционный анализ.

Обычно исследователь встречается с тремя ситуациями:

- 1) между величинами X и Y связь отсутствует;
- 2) между величинами X и Y существует функциональная связь (когда каждому значению одной величины соответствует строго определенное значение другой);
- 3) между величинами X и Y существует стохастическая (вероятностная, корреляционная) связь (когда каждому значению одной величины соответствует множество возможных значений другой).

Корреляционный анализ применяют только для изучения стохастических связей. При постановке экспериментов исследователь должен знать объемы выборок для последующего проведения корреляционного анализа. Для доказательства значимости слабых связей необходим размер выборки 40-100, средних - 12-40 и сильных связей - 6-12 пар наблюдений.

Исследователь должен знать, что при малых выборках и значениях r, близких к единице, распределение выборочных коэффициентов корреляции отличается от нормального. Поэтому для оценки существенности (значимости) коэффициента корреляции, построения доверительных интервалов относительно корреляции в генеральной совокупности и сравнения коэффициентов корреляции критерий Стьюдента (t) становится ненадежным. Для этих ситуаций Р. Фишер предложил преобразовать r в величину z, которая априори распределена нормально. Для перехода от r к z и обратно используют специальную таблицу.

Исследователь также должен знать, что фактический коэффициент корреляции используется для описания линейной зависимости при условии двумерного нормального распределения изучаемых признаков и характеризует взаимосвязь признаков только в данной изучаемой совокупности.

Для определения степени линейной зависимости между изучаемыми признаками используют F-критерий, вычисляемый по формуле

$$F = \frac{(\hat{\eta}^2 - r^2)(n - k)}{(1 - \hat{\eta}^2)(k_x - 2)}$$

Где  $\hat{\eta}^2$  - квадрат корреляционного отношения Y по X;  $r^2$  - квадрат коэффициента линейной корреляции; n - объем выборки;  $k_x$  - число групп по ряду X.

Связь можно практически принять за линейную (прямолинейную), если  $F_{\text{фак}} < F_{\text{теор}}$ .

## 11.2. Методы вычисления коэффициента корреляции, его ошибки и доверительных границ

Степень и направление прямолинейных связей изменяется коэффициентом корреляции.

При изучении степени связи между двумя признаками часто приходится иметь дело с разными единицами измерения. Для сопоставления таких распределений нужно пользоваться нормированным отклонением. Нормированное отклонение - это

отклонение отдельных вариантов от среднего арифметического, выраженное в долях сигмы. Такие отклонения вычисляются по формуле:  $t = \frac{\sum x_i - \bar{x}}{\sigma}$

Нормированное отклонение является универсальной и не именованной мерой развития признаков. На его основе вычисляют основной показатель линейной корреляционной связи - коэффициент корреляции. Он обозначается значком  $r$  и вычисляется по формуле:

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

где в числителе сумма произведений отклонений вариантов от среднего арифметического, а в знаменателе квадратный корень из произведения суммы квадратов этих отклонений.

Коэффициент корреляции принимает значение от -1 до +1. В первом случае связь будет обратная, во втором - прямая (отрицательная и положительная).

Если  $r = 0$ , то связь между признаками отсутствует.

При  $r = 1$  корреляционная связь становится функциональной.

О корреляционной связи можно грубо судить и по корреляционной решетке баз расчета коэффициента корреляции.

О тесной корреляции можно утверждать при  $r$  не ниже

0,7, при  $r = 0,3-0,7$  связь считается средней, при  $r < 0,3$  - слабой.

При определении  $r$  нужно заранее знать, что связь является прямолинейной. Работу лучше проводить в два этапа: 1) построение, рассмотрение и оценка корреляционной решетки;

2) расчет коэффициента корреляции по решетке или непосредственно по данным наблюдений.

Фактический коэффициент корреляции вычисляют на основе выборочной совокупности, поэтому сам он является выборочным и имеет ошибку репрезентативности, вычисляемую по формуле:

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

где  $S_r$  - стандартная ошибка коэффициента корреляции;  $r$  - коэффициент корреляции;  $n$  - число пар значений или численность выборки.

Достоверность коэффициента корреляции определяется по

формуле:  $t_{\Phi} = \frac{r^2}{S_r}$

где  $t_{\Phi}$  - фактическое значение;  $n$  - коэффициент корреляции;

$S_r$  - ошибка коэффициента корреляции.

.

Если  $t_{\Phi} > t_{\Phi}$  при заданном уровне безошибочных прогнозов, то корреляция достоверна, существенно значима. Число степеней свободы для теоретического критерия  $t$  равно  $v = n - 2$ .

Доверительный интервал коэффициента корреляции для генеральной средней определяется по формуле:

$$r - t \cdot S_r < p < r + t \cdot S_n$$

где  $r$  - коэффициент корреляции генеральной совокупности;  $r - t \cdot Sr$  и  $r + t \cdot Sr$  - доверительные границы коэффициента корреляции.

Корреляция и коэффициент корреляции не устанавливают причинных связей в предметах и явлениях, а говорят лишь об объективном существовании таких связей.

Более достоверно о силе связи можно судить по коэффициенту детерминации ( $d = r^2$ ), равному квадрату коэффициента корреляции. Поэтому при  $r = 0,5$  доля влияния одного признака на другой будет не 50 %, а  $0,50^2 = 0,25$ , или 25 %.

Минус вычисления отклонений и квадратов отклонений, коэффициент корреляции можно вычислить по формуле

При малых выборках и значениях  $r$ , близких к единице, распределение выборочных коэффициентов корреляции заведомо отличается от  $t$ -нормального распределения.

Поэтому оценка  $r$  по критерию  $t$  Стьюдента ненадежна.

Проверить нулевую гипотезу  $H_0, r = 0$  можно и без расчетов - критерия Стьюдента.

Между  $x$  и  $y$  имеется существенная связь и  $H_0$  отвергается  $r_{\Phi} > t_{\tau}$  поэтому размер выборки имеет решающее значение.

Для доказательства значимости слабых связей необходимо 40-100, средних 12-40 и сильных 6-12 пар наблюдений.

### 11.3. Криволинейная и множественная корреляция

При криволинейной зависимости степень связи между признаками определяется по корреляционному отношению. Оно представляет собой отношение  $\eta$  (эта) дисперсии групповых средних к общей дисперсии. Корреляционное отношение означает, какую часть общей дисперсии составляет дисперсия частных средних результативного признака:

$$\eta_{y/x} = \frac{\sigma \bar{y}_i}{\sigma \bar{y}}$$

где  $\sigma \bar{y}_i$  - среднее квадратическое отклонение групповых средних;  $\sigma \bar{y}$  - среднее квадратическое отклонение признака  $y$ . Корреляционное отношение при малом числе наблюдений вычисляют по формуле:

$$\eta_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{y})^2 - \sum(Y - \bar{y}_x)^2}{\sum(Y - \bar{y})^2}}, \text{ где } \sum(Y - \bar{y})^2 - \text{ сумма}$$

квадратов отклонений индивидуальных значений  $Y$  от общей средней арифметической  $\bar{y}$  для общего варьирования;  $\sum(Y - \bar{y}_x)^2$  - сумма квадратов отклонений вариант от частных средних  $\bar{y}_x$ , соответствующих определенным

фиксированным значениям независимой переменной  $X$ , для группового варьирования.

Для вычисления корреляционного отношения, значения независимого признака  $X$  располагают по ранжиру в возрастающем порядке и разбивают весь ряд наблюдений на 4-7 групп так, чтобы в каждой группе по ряду  $X$  было не менее 2 наблюдений, затем определяют общую среднюю  $\bar{y}$ , и  $\bar{y}_x$

групповую среднюю  $y$  по каждой фиксированной группе  $X$ .

После группировки и разности дат определяют сумму квадратов отклонений группового варьирования  $\sum f(\bar{y}_x - \bar{y})^2$ , сумму квадратов отклонений общего варьирования  $\sum f(y - \bar{y})^2$  и вычисляют корреляционное отношение по формуле:

$$\eta_{yx} = \sqrt{\frac{\sum f(\bar{y}_x - \bar{y})^2}{\sum f(y - \bar{y})^2}}$$

Корреляционное отношение всегда положительная величина, которая изменяется от 0 до 1. В случае прямолинейной связи коэффициент корреляции и корреляционное отношение равны между собой. Если связь криволинейная,  $\eta > r$ . Корреляционное отношение измеряет степень криволинейных и прямолинейных связей.

Криволинейная - это такая связь, при которой равномерным изменениям первого признака соответствует неравномерное изменение второго, причем эта неравномерность имеет закономерный характер.

В отличие от коэффициента корреляции, который дает одинаковую силу связи признаков (первого со вторым и второго с первым) корреляционное отношение второго признака по первому обычно не бывает равно корреляционному отношению первого признака по второму.

Ошибка корреляционного отношения вычисляется по формуле

$$S_{\eta} = \sqrt{\frac{1 - \eta^2}{n - 1}}$$

Критерий существенности корреляционного отношения определяют по формуле:

$$t_{\eta} = \frac{\eta}{S_{\eta}}$$

Для определения степени приближения криволинейной зависимости к прямолинейной используют следующую формулу:

$$F = \frac{(\eta^2 - r^2)(n - k_x)}{(1 - \eta^2)(k_x - 2)}$$

где  $\eta^2$  - квадрат корреляционного отношения;  $r^2$  - квадрат коэффициента линейной корреляции Y по X; n - объем выборки;  $k_x$  - число групп по ряду X.

Связь линейная, если Fфакт < Fтеор, и корреляция нелинейная, если Fфакт > Fтеор

-

Частная и множественная корреляция

В биологических явлениях обнаруживается действие многих факторов, связи между которыми носят статистический характер.

Под множественной корреляцией обычно понимают зависимость изменения величины y от одновременного изменения величин x, z и т. д. или если на величину результативного признака одновременно влияют несколько других признаков. При анализе множественной корреляции вычисляют частные коэффициенты корреляции

Частный коэффициент корреляции - это показатель, который изменяет степень сопряженности двух признаков при постоянном значении третьего.

Зная парные коэффициенты корреляции  $r_{xy}$ , находим частные коэффициенты корреляции:

$$r_{xy} = \frac{r_{xy} - r_{xz} \cdot r_{yz}}{\sqrt{(1 - r_{xz}^2)(1 - r_{yz}^2)}}$$

В индексах буквы перед точкой показывают, между какими признаками изучается зависимость, а буква после точки - влияние какого признака исключается.

Ошибку и критерий значимости частной корреляции определяют по тем же формулам, что и парной корреляции

$$S_{r_{xyz}} = \sqrt{\frac{1-r_{xyz}^2}{n-2}}, \quad t_{\phi} = \frac{r_{xyz}}{S_{r_{xyz}}}, \text{ где } n-3 \text{ - это степени свободы.}$$

Общий множественный коэффициент корреляции обычно не вычисляют, но он имеет практическое значение. Множественный коэффициент корреляции трех переменных - это показатель линейной тесноты связи между одним из признаков (буква перед точкой) и совокупностью двух других признаков.

$$R_{x,yz} = \sqrt{\frac{r_{xy}^2 + r_{xz}^2 - 2r_{xy} \cdot r_{xz} \cdot r_{yz}}{1-r_{yz}^2}}$$

Множественные коэффициенты корреляции легко вычислить, если известны парные коэффициенты корреляции.

Коэффициент R не может быть отрицательным, он изменяется от 0 до 1. Следует отметить, что каждый из парных коэффициентов не может превышать по абсолютной величине  $R_{y,xz}$ .

Квадрат коэффициента множественной корреляции  $R^2$  называют коэффициентом множественной детерминации.

Он показывает долю вариации зависимой переменной под воздействием изучаемых факторов.

Значимость множественной корреляции оценивают по F-критерию:

Нулевая гипотеза о равенстве множественного коэффициента корреляции в совокупности нулю принимается  $H_0: R = 0$ , если  $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$ , и отвергается, если  $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$ .

#### 11.4. Регрессия. Понятие о регрессии. Эмпирические ряды регрессии, общие методы их выравнивания

Регрессия - это численное продолжение корреляции в именованных единицах. Корреляция и регрессия практически одно и то же, только степень выражения их различная. Регрессия отвечает на вопрос: насколько возрастает функция в зависимости от аргумента. Регрессией называется изменение функции (зависимой переменной Y) при определенных изменениях одного или нескольких аргументов X или (независимой переменной). Регрессия может быть простой и множественной.

Регрессия, как и корреляция, бывает прямолинейной и криволинейной. Для изображения регрессии используется ряд регрессии (эмпирический и теоретический), коэффициент регрессии и уравнение регрессии. Ряд регрессии - это двойной ряд цифр, включающий значения аргумента и соответствующие средние значения функции, полученные в опыте.

Аргумент откладывается по оси абсцисс по мере его возрастания, а функция по оси ординат. Так получают эмпирическую линию регрессии..

По ломаной линии можно судить, на каких участках функция развивалась в лучших условиях, а на каких - в худших. Однако важно выяснить такие течения функции,

которые соответствуют усредненному, одинаковому напряжению всего комплекса условий, определяющих развитие функции.

Нахождение усредненного выровненного течения функции подобно определению средней арифметической. ).

В процессе усреднения функции получается плавная эмпирическая линия регрессии, отражающая основные закономерности зависимости функции от аргумента.

Выравнивание эмпирических рядов производится графически и аналитически (эмпирически). При аналитическом способе сначала составляют уравнение регрессии и первоначально раскрывается форма зависимости функции от аргумента. Подставляя в уравнение последовательно значения аргумента, определяют теоретический ряд регрессии значений функции. Нанося эти значения на график, получают теоретическую линию регрессии.

При прямолинейной корреляции зависимость функции от аргумента может быть выражена одним числом - коэффициентом регрессии. Вскрывая усредненные значения функции, исследователь вскрывает ту закономерность явлений, которая в эмпирическом ряду скрыта случайностью своего проявления.

При графическом способе определении регрессии

проводится линия между крайними выступами ломаной эмпирической линии так, чтобы сумма расстояний теоретической прямой от эмпирической линии была бы наименьшей.

Графически выравнивать значения функции при криволинейной регрессии, а также графически выравнивать на основе индивидуальных значений можно без расчета средних значений эмпирического ряда при помощи точечного графика.

Способ скользящей средней можно использовать, если форма связи функции неизвестна. Для каждого значения аргумента определяется простая скользящая средняя из нескольких соседних значений функции.

Если скользящая средняя берется по трем значениям аргумента, то частное от деления на 3 дает выровненное значение функции для данной величины аргумента  $Y$ .

Выровненное значение функции наносят на график и точки соединяют. Если не нужно особой точности и ряд достаточно длинный, то можно пренебречь потерей двух крайних значений функции. Более точное и не связанное с потерей крайних значений получают при использовании взвешенной скользящей средней. При этом способе с обоих концов ряда добавляются по два значения - по два члена ряда..

Прямолинейная регрессия может быть выражена одним числом - коэффициентом регрессии.

Коэффициент регрессии показывает, в каком направлении и насколько изменяется функция при увеличении аргумента на одну единицу измерения.

Коэффициент регрессии вычисляют по следующей формуле:

$$b_{yx} = r \frac{S_y}{S_x} \quad b_{xy} = r \frac{S_x}{S_y}, \text{ стандартное отклонение:}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n-1}} \quad S_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Коэффициент регрессии прямо пропорционален коэффициенту корреляции. Однако они равны при условии если отношение  $\frac{\sigma_x}{\sigma_y} = 1$ ,

тогда коэффициент регрессии вычисляют по формуле:

$$b_{yx} = \frac{\overline{\sum(x-x)(y-\bar{y})}}{\overline{\sum(x-\bar{x})^2}}, \quad b_{xy} = \frac{\overline{\sum(x-x)(y-\bar{y})}}{\overline{\sum(y-\bar{y})^2}}$$

Коэффициент регрессии имеет знак коэффициента корреляции. Произведение коэффициентов регрессии равно квадрату коэффициента корреляции:

Далее составляем уравнение регрессии  $Y = ax + b$ , то есть Y по X

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

где Y - теоретическое значение признака Y (групповая средняя);  $\bar{y}$  - средняя арифметическая признака y;  $\bar{x}$  - средняя арифметическая признака x; b- коэффициент регрессии. Аналогично можно определить X по Y

По этой формуле можно рассчитать теоретический ряд линейной регрессии и при графическом изображении можно получить выровненную линию регрессии.

Оценка отклонений от регрессии определяется по формуле:

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum(y-\bar{y})^2}{n-2}}, \quad S_{xy} = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-2}}$$

Ошибку коэффициента регрессии вычисляют по формуле:

$$S_{b_{xy}} = S_r \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{\sum(y-\bar{y})^2}}, \quad S_{b_{yx}} = S_r \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{\sum(y-\bar{y})^2}}$$

Критерий существенности коэффициента регрессии определяют по формул:

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

где b - коэффициент линейной регрессии;  $S_b$  - ошибка коэффициента регрессии.

Корреляционный и регрессионный анализ является центральным пунктом математической статистики. Они позволяют глубже изучить сущность и взаимосвязь предметов и явлений в живой природе. Такой анализ необходим для выявления главных факторов и их оптимального сочетания для роста и развития растений, для прогноза различных явлений в живой природе.

### 11.5. Использование ковариационного анализа для уточнения эксперимента

Ковариационный анализ - одновременный анализ сумм квадратов и сумм произведений отклонений двух или более переменных от их средних.

Он используется при планировании и статистической обработке результатов опыта как способ уменьшения ошибки эксперимента.

Ковариационный анализ позволяет установить соотношение между вариацией зависимой переменной Y и вариацией, сопутствующей эксперименту независимой переменной X В узком смысле под ковариацией понимается среднее произведение отклонений двух переменных от их средних:

$$cov = \frac{\sum(x-\bar{x})(\sum(y-\bar{y}))}{n-1}$$

В более широком смысле ковариацией называется совокупность трех статистических показателей:

средних арифметических  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$ ;

сумм квадратного отклонения  $\sum(X-\bar{x})^2 \sum(Y-\bar{y})^2$

и суммы произведения отклонений  $\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})$

Параллельное разложение этих величин по факторам варьирования и составляет суть ковариационного анализа.

Ковариационный анализ включает три основных этапа:

1) дисперсионный анализ ряда  $x, y$  и произведений  $xy$ ;  
2) разложение остаточной дисперсии  $C_z$  по ряду  $X$  (это остаток 1 порядка) на сумму квадратов отклонений, обусловленную регрессией  $Y$  по  $X$ , обозначаемую  $C_b$ , и сумму квадратов отклонений от регрессии  $C_{dyx}$ ; (остаток второго порядка)  $C_z = C_b + C_{dyx}$ ;

3) приведение фактических средних по ряду  $Y$  к полной выравненности по ряду сопутствующих переменных  $x$ .

Следовательно, ковариационный анализ - это распространение методов дисперсионного анализа на случай нескольких переменных, а также корреляционного и регрессионного анализов на общие схемы полевых и других опытов.

В агрономических исследованиях ковариационный анализ целесообразно использовать в двух случаях:

1) если на результативный признак может оказать заметное влияние разное и сходное состояние условий эксперимента - плодородие почвы и т. д., которые могут быть измерены в начале опыта;

2) если на изучаемый признак в процессе эксперимента оказывают влияние различные причины - выпадение растений, повреждение болезнями и вредителями и т. п.

### Список литературы

#### Основная литература

1. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 110400 «Агрономии» / А.Ф. Дружкин, Ю.В. Лобачев, Л.П. Шевцова, З.Д. Ляшенко. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013. - 283 с. - ISBN 978-5-7011-0767-8.

2. Основы опытного дела в растениеводстве: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агрономия» и агроинженерным специальностям / В.В. Ещенко, М.Ф. Трифонова, П.Г. Копытько, А.М. Соловьев и др. - М.: «Колос», 2009. - 268 с. - ISBN 978-5-9532-0711-9.

3. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С.С. Литвинов. - М.: ГНУ ВНИИО, 2011. - 636 с.

4. Основы научных исследований в агрономии: учебник / Б.Д. Кирюшин, Р.Р. Усманов, И.П. Васильев. - М.: «Колос», 2009. - 398 с.

#### Дополнительная литература

1. Основы научных исследований в агрономии: учебное пособие для студентов агрономических специальностей / М.Н. Худенко, А.Ф. Дружкин, В.Б. Нарушев и др. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. - 140 с. - ISBN 5-7011-0335-8. Основы научной агрономии: учебное пособие / Л.П. Шевцова, А.Ф. Дружкин, Н.Н. Кулева и др.; под ред. Л.П. Шевцовой; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». - Саратов, 2008. - 150 с. - ISBN 978-5-9758-0697-7.

3. Практикум по основам научных исследований в агрономии / В.В. Глуховцев, В.Г. Кириченко, С.Н. Зудилин. - М.: «Колос», 2006. - 240 с.

Библиографический список

1. Основы математической статистики: учебное пособие для дистанционного обучения /А. М. Гатаулин. – М.: МГУП, 2001. – 138с.
2. Гатаулин А. М. Система прикладных статистико-математических методов обработки экспериментальных данных в сельском хозяйстве. В 2 ч. /А. М. Гатаулин. – М., 1992
3. Опытное дело в растениеводстве /под ред.Г. Ф. Никитенко. – М.: Россельхозиздат,1982.
- 3.Савич. В. И. Применение вариационной статистики в почвоведении : учеб.-метод. пособие / В. И. Савич. – М.:Издательство ТСХА, 1972. – 102с.
4. Снедекор Д. У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии / Д. У. Снедекор ; пер. с англ. – М.: Сельхозгиз,1961. – 497с.
- 5.Вольф В. Г. Статистическая обработка опытных данных / В. Г. Вольф. –М.: «Колос», 1966. – 253 с.
- 5.Рокитский П. Ф. Биологическая статистика: учебное пособие / П. Ф. Рокитский. – Минск, 1973. – 320 с.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) М.: Агропромиздат,1985. -351с
7. Сельскохозяйственное дело. Планирование и анализ /Т.Литтл, Ф. Хиллз ; пер. с англ. – М.: Колос, 1981. – 320с.

## Содержание

<b>Введение</b>	3
<b>Лекция 1 Методы исследований в растениеводстве и краткая история их развития</b>	4
1.1. Роль методики опытного дела в развитии агрономии	4
1.2. Объекты исследования и типы сравнительных экспериментов	
1.3. Возникновение и краткая история сельскохозяйственного опытного дела, приоритет русских и зарубежных ученых в развитии научной методики опытного дела	7
1.4. Современное состояние, организация и существующая сеть научных учреждений в РФ	9
<b>Лекция 2. Особенности условий проведения полевых опытов в растениеводстве и основные требования к ним</b>	11
2.1. Основные требования к полевому опыту	11
2.2. Виды полевых опытов, их производственное и научное значение	13
2.3. Особенности условий проведения полевых опытов и причины варьирования урожайности на них	15
2.4. Выбор и подготовка земельного участка под опыт	16
<b>Лекция 3 Научное содержание основных элементов методики полевого опыта в растениеводстве</b>	20
3.1. Понятие и методика полевого опыта и слагающих её элементов	20
3.2. Влияние основных элементов методики полевого опыта (число вариантов, повторности повторения, площадь, формы и направления делянки) на ошибку экспериментов	21
3.3. Значение повторности повышения достоверности опыта	22
3.4. Планирование основных элементов методики полевого опыта, учетов и наблюдений	23
<b>Лекция 4. Теоретические основы размещения вариантов полевого опыта в пространстве и во времени</b>	27
4.1. Классификация методов размещения вариантов по делянкам опыта	27
4.2. Оценка основных методов размещения вариантов в полевом опыте	28
4.3. Рендомизация - статистическая основа планирования современного эксперимента	29
<b>Лекция 5 Научные принципы и методы планирования эксперимента</b>	32
5.1. Общие принципы и этапы планирования эксперимента	32
5.2. Научные принципы разработки схем однофакторных и многофакторных опытов	
5.3. Планирование наблюдений и учетов в полевом опыте	36
5.4. Планирование наблюдений и учетов в период вегетаций растений	37
<b>Лекция 6. Методы уборки и учёта биологической и хозяйственной урожайности</b>	41
6.1. Факторы, влияющие на выбор способа и метода учета урожайности	41
6.2. Понятия о выключках и объективные основания для их выделения	41
6.3. Первичная обработка опытных данных	42
<b>Лекция 7. Теоретические основы применения математической статистики для обработки опытных данных</b>	44
7.1. Значение математической статистики для планирования и обработки	44

опытных данных, анализа и обоснований закономерности изучаемых явлений	
7.2. Понятия об изменчивости, совокупности и выборке. Виды изменчивости	46
7.3. Статистические характеристики количественной и качественной изменчивости для малых и больших выборок	48
<b>Лекция 8. Эмпирические теоретические распределения</b>	55
8.1. Графическое изображение эмпирического вариационного ряда и его использование в практических целях	55
8.2. Качественная изменчивость и её статистическая характеристика	57
8.3. Теоретическое распределение и их использование	58
<b>Лекция 9. Статистические методы проверки гипотез</b>	62
9.1. Понятие о нулевой и статистической гипотезе	62
9.2. Точечная и интервальная оценка параметров распределения и методы ее проверки	63
9.3. Оценка существенности разности выборочных средних по t-критерию	64
9.4. Проверка гипотезы о принадлежности «сомнительной» варианты к совокупности	65
9.5. Оценка соответствия между наблюдаемыми и ожидаемыми распределениями по критерию «хи – квадрат»	66
9.6. Оценка различий между дисперсиями по критерию F (Фишера)	67
<b>Лекция 10. Дисперсионный анализ как основной метод планирования эксперимента и обработки полученных результатов учетов и наблюдений</b>	69
10.1. Сущность и основы метода	69
10.2. Алгоритм дисперсионного анализа однофакторного и многофакторного опытов	70
10.4. Преобразование дат и дисперсионный анализ данных учетов и наблюдений	71
<b>Лекция 11. Корреляция и регрессия – основные методы измерения связей в растениеводстве</b>	73
11.1. Типы корреляции	73
11.2. Методы вычисления коэффициента корреляции, его ошибки и доверительных границ	74
11.3. Криволинейная и множественная корреляции	76
11.4. Регрессия. Понятие о регрессии. Эмпирические ряды регрессии и общие методы их выравнивание	78
11.5. Использование ковариационного анализа для уточнения эксперимента	80