

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.17 Основы научных исследований**

**Направление подготовки** 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции

**Профиль образовательной программы** Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции

**Форма обучения** очная

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>1. Конспект лекций .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Лекция № 1 История и классификация методов сельскохозяйственных исследований.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Лекция № 2 Виды экспериментов и требования к полевому опыту.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Лекция № 3 Основные этапы научного исследования.....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 Лекция № 4 Основные методические приёмы и методы постановок опытов в зоотехнии .....</b>	<b>19</b>
<b>1.5 Лекция № 5 Планирование эксперимента .....</b>	<b>22</b>
<b>1.6 Лекция № 6 Основные элементы методики полевого опыта .....</b>	<b>27</b>
<b>1.7 Лекция № 7 Размещение вариантов в полевом опыте .....</b>	<b>34</b>
<b>1.8 Лекция № 8 Рандомизированные методы размещения вариантов .....</b>	<b>37</b>
<b>1.9 Лекция № 9 Математическая статистика и ее задачи.....</b>	<b>40</b>
<b>1.10 Лекция № 10 Эмпирические и теоретические распределения.....</b>	<b>43</b>
<b>1.11 Лекция № 11 Статистические методы проверки гипотез.....</b>	<b>48</b>
<b>1.12 Лекция № 12 Проведение полевого опыта.....</b>	<b>51</b>
<b>1.13 Лекция № 13 Учёт урожая и документация.....</b>	<b>55</b>
<b>1.14 Лекция № 14 Частные вопросы методики полевого эксперимента.....</b>	<b>58</b>
<b>1.15 Лекция № 15 Особенности постановки опытов по переваримости кормов и обмену веществ на различных видах сельскохозяйственных животных</b>	<b>62</b>
 <b>2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ</b>	
<b>2.1 Практическое занятие № 1 Измерения, средства измерений и их характеристики.....</b>	<b>64</b>
<b>2.2 Практическое занятие № 2-3 Определение биологической урожайности зерновых культур .....</b>	<b>68</b>
<b>2.3 Практическое занятие № 4-5 Выбор темы и формулирование гипотезы опыта...</b>	<b>70</b>
<b>2.4 Практическое занятие № 6 Разработка схемы и структуры полевого эксперимента.....</b>	<b>73</b>
<b>2.5 Практическое занятие № 7 Планирование размещения повторений и вариантов в повторностях.....</b>	<b>74</b>
<b>2.6 Практическое занятие № 8 Основные статистические характеристики количественной изменчивости.....</b>	<b>76</b>
<b>2.7 Практическое занятие № 9 Группировка и статистическая обработка данных при количественной изменчивости.....</b>	<b>78</b>
<b>2.8 Практическое занятие № 10 Оценка существенности разности средних независимых и сопряженных выборок по t-критерию.....</b>	<b>80</b>
<b>2.9 Практическое занятие № 11-12 Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта с однолетними культурами.....</b>	<b>81</b>
<b>2.10 Практическое занятие № ПЗ-13-14 Дисперсионный анализ данных многофакторного полевого опыта проведенного методом.....</b>	<b>85</b>
<b>2.11 Практическое занятие № ПЗ-15 Корреляционный и регрессионный анализ количественных показателей.....</b>	<b>90</b>

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1.1 Лекция № 1 (2 часа)

**Тема:** «История и классификация методов сельскохозяйственных исследований»

### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Роль и задачи дисциплины «Основы научных исследований» в развитии науки и практики аграрного сектора.
2. История развития опытного дела в России.
3. Методы и методология научных исследований.

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов

1. Роль и задачи дисциплины «Основы научных исследований» в развитии науки и практики аграрного сектора

О сколько нам открытий чудных  
Готовят просвещения дух  
И опыт, сын ошибок трудных,  
И гений, парадоксов друг,  
И случай, бог изобретатель  
А.С. Пушкин

Сельское хозяйство – важнейшая составная часть народного хозяйства. Здесь создается около трети национального дохода. Состояние сельского хозяйства во многом определяет потенциал и безопасность страны. Сейчас как некогда необходим эффективный рост производства в этой отрасли.

Рост эффективности общественного производства связан с научно-техническим прогрессом (НТП).

*НТП - это непрерывный процесс внедрения новой техники и технологии, организации производства и труда на основе достижений научных знаний.*

Приоритетными направлениями НТП на современном этапе являются: биотехнология, электронизация народного хозяйства, комплексная автоматизация, ускоренное развитие атомной энергетики, создание и внедрение новых материалов, освоение принципиально новых технологий в промышленности и АПК.

НТП включает в себя взаимосвязанную последовательность процессов – от научных исследований до внедрения разработок в производство.

Поэтому в современных условиях бурного развития научно технического процесса особое значение приобретает подготовка в высшей школе высококвалифицированных специалистов, способных к самостоятельной творческой работе и к внедрению в производство новейших результатов.

Одно из обязательных и коренных условий систематического и быстрого роста эффективности производства составляет наука.

*Наука, образование и культура – три взаимодополняющие составные части интеллектуального богатства человечества. Они основа творчества в любой сфере деятельности человека. Они питают друг друга и нуждаются друг в друге.*

К науке мы приходим через образование. «Случайные открытия делают только подготовленные умы» - утверждал французский математик Б. Паскаль. Следовательно, от качества образования зависит уровень творчества.

Что значит качественное образование?

В наиболее системном виде сущность понятия «качество образования» раскрыта в исследовании С.Е. Шишова: «*Качество образования – социальная категория, определяющая состояние и результативность процесса образования в обществе, его соответствия потребностям и ожиданиям общества (различных социальных групп) в*

*развитии и формировании гражданских, бытовых и профессиональных компетенций личности».*

*«Главное, что должно дать образование – это не «багаж» знаний, а умение владеть «этим багажом». Это и есть главная цель любого, в том числе и высшего образования» - химик А.Н. Несмеянов.*

Вторая составляющая интеллектуального богатства – это культура.

Этак что такое культура и как она связана с наукой?

Культура – система ценностей и норм, определяющих взаимодействие людей.

Культура регулирует поведение человека в школе, семье ...

Что такое культурный человек ?

Культурный человек должен знать ...

Советский ученый-ядерщик И.В. Курчатов: *«Что следует понимать под культурой ученого? В первую очередь он должен быть специалистом. Основа всего – это специальные знания...»*

И наконец, наука. Что такое наука?

*Наука – это исторически сложившаяся и непрерывно развивающаяся система знаний о природе, обществе и мышлении, об объективных законах их развития*

Наука является результатом многовекового развития познавательной деятельности человечества, активно преобразующего мир в своих интересах, и представляет собой процесс непрерывного познания законов реального мира.

*Предмет науки – различные формы материи, и их отражения в сознании человека.*

*Цели науки – получение знаний об объективном и субъективном мире, постижение объективной истины.*

*Из вышеизложенного материала мы можем сделать выводы:*

- основой творчества в любой сфере деятельности человека являются – наука, образование и культура;
- главной задачей дисциплины ОНИ является подготовка специалиста способного творчески мыслить и самостоятельно вести научные исследования в области агрономии, а также готового испытывать и внедрять новые технологии.

## 2. История развития опытного дела в России

Опытное дело в агрономии зародилось одновременно с возникновением земледелия, когда с помощью примитивного орудия - заостренной палки – первобытный человек начал рыхлить почву и высевать в нее семена, передавая свой опыт из поколения в поколение.

Опытное дело совершенствовалось одновременно с возникновением и совершенствованием учебных заведений, особенно высших. Первым высшим учебным заведением в России была Киево-Могилянская академия, основанная в 1615 г., а ее первым ученым-естествоиспытателем, ботаником, метеорологом был И. Галятовский.

Своеобразными зародышами научных исследований были аптекарские огороды, созданные в 1629 г. под Москвой, а затем и в других районах России. Научными исследованиями руководило «Вольное экономическое общество», организованное в 1765 г.

Первые опытные работы были начаты в 1790 г. М.Г. Ливановым в с. Богоявленское вблизи г. Николаева, а первое опытное учреждение (Бутырский хутор) создано под Москвой в 20-х гг. XIX столетия. В 1840 г. в Горы-Горецком (Белоруссия) было организовано первое опытное поле.

В 1867 г., по инициативе Д.И. Менделеева были заложены еще четыре опытных поля в Московской, Петербургской, Смоленской и Симбирской губерниях.

В 1895 – 1897 гг. организованы первые опытные сельскохозяйственные станции: Вятская, Энгельгардская и Ивановская. В конце XIX в. в России уже работали 10 опытных

и селекционных станций, 13 опытных полей, 2 лаборатории и 2 контрольно-семенные станции с 60 научными сотрудниками.

В 1913 г. из 214 научных учреждений было 44 опытные станции, 78 опытных полей и 92 лаборатории, но еще не было научно-исследовательских институтов. К 1940 г. число научных учреждений увеличилось более чем в 4 раза, а число научных сотрудников превысило 10 тыс. В составе научных учреждений было много институтов. Так, в 1922 г. был создан Центральный научно - исследовательский институт по сельскому хозяйству, в 1924 г. – Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур, а в 1929 г. организована Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук во главе с выдающимся ученым Н.И. Вавиловым. Академия располагала большой сетью научно-исследовательских институтов и новых опытных станций как отраслевого, так и зонального значения.

Еще больше увеличилось количество научных учреждений за послевоенные годы. Только в системе Министерства сельского хозяйства в 1973 г. функционировало 671 научное учреждение, в которых работало около 60 тыс. сотрудников. Огромный вклад в опытное дело внесли ученые В.В. Докучаев, П.А. Костычев, А.А. Измаильский, А.Г. Дояренко, Д.Н. Прянишников и многие другие. Особенно активно работал в области опытного дела А.Г. Дояренко, который в 1918, 1919, 1921 гг. организовывал Всероссийские съезды опытников. Он в 1907 г. первым начал читать курс опытного дела в Петровской с.-х. академии, усовершенствовал применение математической статистики в исследованиях.

Первая кафедра опытного дела в России была организована П.Н. Константиновым, который написал фундаментальную работу «Основы сельскохозяйственного опытного дела». Известными методистами опытного дела были Н.Ф. Деревницкий, В.Н. Перегудов, П.Г. Найдин, А.С. Молостов и многие другие.

Но особое место в совершенствовании и становлении методики за последние 40 лет принадлежит Б.А. Доспехову, зав. кафедрой земледелия и МОД, автору учебника «Методика полевого опыта», выдержавшего пять изданий за 1965-1985 гг.

Развитие опытного дела в животноводстве

Болотов А.Т. (1738-1833) является одним из основоположников не только агрономической науки, но и животноводства. Болотов А.Т. четко показал значение взаимосвязи земледелия со скотоводством для развития сельского хозяйства.

Первым учёным-зоотехником России М.Г. Ливановым (1750-1800) на основании многочисленных исследований было показано значение правильного кормления и скрещивания животных в получении высокой продуктивности.

Академик В.И. Всеволодов (1790-1863) изучая экстерьерные особенности животных дал научное обоснование влияния экстерьера на продуктивность. Кроме того, на основе эволюционной теории Дарвина, он создал научные основы животноводства. Иван Антонович Мерцалов заложил основы тонкорунного овцеводства в России и создал новую тонкорунную породу овец.

Одним из основоположников русской зоотехнической науки стал профессор Павел Николаевич Кулешов (1854-1936). Он стал автором первых учебников по коневодству, крупному рогатому скоту и свиноводству, создал теорию племенного дела и новую породу овец. Михаил Федорович Иванов (1871-1935) – академик ВАСХНИЛ, разработал методику выведения новых пород, являлся организатором первых зоотехнических опытных станций, автор методических работ постановки опытов по животноводству.

Николай Петрович Чирвинский (1848-1920) – профессор, один из основателей зоотехнии как науки, основоположник методики и методологии экспериментального исследования роста, развития и обмена веществ сельскохозяйственных животных.

Ефим Федотович Лискун (1873-1958) – академик ВАСХНИЛ, один из организаторов сети научно-исследовательских и опытных учреждений в СССР. Автор разнообразных методик научных исследований. Иван Семенович Попов (1888-1964) – академик

ВАСХНИЛ, автор первого учебника по кормлению сельскохозяйственных животных и методики зоотехнических опытов.

### 3. Методы и методология научных исследований

Формой существования и развития науки является *научное исследование, т.е. изучение явлений и процессов, анализ влияния на них различных факторов, а также изучение взаимодействия между явлениями с целью получения убедительно доказанные и полезные для науки и практики решения с максимальным эффектом.*

Главным же элементом научного исследования, доказывающим объективность полученного знания, является – опыт.

М.В. Ломоносов, подтверждает словами: *«Один опыт я ставлю выше тысячи мнений, рожденных единственно воображением».*

Агрономия – комплексная наука. Она занимается разработкой теоретических основ и агротехнических приемов дальнейшего повышения продуктивности культурных растений и улучшения качества урожая. Для решения этих задач необходимо постоянное расширение научных знаний, нахождение способов направленного изменения растений, выведение новых форм и сортов сельскохозяйственных культур, наиболее приспособленных к условиям среды, и изменение условий среды в соответствии с потребностями растений. Это достигается научно-исследовательской работой, изучением биологии культурных растений и приемов возделывания, изысканием новых возможностей повышения продуктивности земледелия.

Научная агрономия начала развиваться под влиянием непосредственных запросов материального производства. С ростом потребностей в продуктах питания и уменьшением свободных для освоения земель практическое земледелие уже не могло на основании одних эмпирических знаний удовлетворить потребности все увеличивающегося населения в пищевых ресурсах. Необходимо было более детальное изучение растений и их отношения к условиям среды, нужны были научный метод изучения вопросов, интересующих земледельца, и люди, владеющие этим методом. Так создавались объективные условия зарождения научной агрономии и формирования ее в самостоятельную науку.

Научное исследование может быть теоретическим или экспериментальным. Явления, изучаемые научной агрономией, так многообразны и сложны, что точное теоретическое решение вопроса часто затруднительно или порой невозможно. Поэтому многие исследования в области агрономии комплексные, и трудно провести грань между теоретическим и экспериментальным исследованием.

*Первоосновой, источником теоретических исследований служит наблюдение, опыт, а обобщение экспериментальных данных развивает теорию.* В большинстве случаев эксперимент является единственно надежным способом решения поставленной задачи и контроля правильности теоретических выводов, основой познания и критерием истины.

Агрономическая наука, опираясь на диалектический метод познания, при разработке теоретических основ и новых практических приемов повышения продуктивности растений пользуется общепринятыми приемами научного исследования – наблюдением и экспериментом (опытом), которые соответственно своеобразию объекта научной агрономии имеют специфику и проводятся по определенной методике.

*Наблюдения — это количественная или качественная регистрация интересующих исследователя сторон развития явления, констатация наличия того или иного его состояния, признака или свойства. Для наблюдения и регистрации тех или иных свойств или состояний явления применяют разнообразные средства измерений.*

На метеорологических станциях, например, систематически ведут наблюдения за температурой воздуха и почвы, осадками, направлением и силой ветра, влажностью воздуха и почвы. Мы можем наблюдать за засоренностью посевов, наличием в почве питательных веществ и влаги, морозостойкостью и засухоустойчивостью различных

сортов, работой сельскохозяйственных машин и т.п. Во всех этих и подобных им случаях наблюдение дает нам количественную или качественную характеристику явления, но не вскрывает его сущности. В ряде случаев этого вполне достаточно для установления связи между отдельными явлениями, признаками или свойствами и позволяет предвидеть эти явления, а следовательно, оказывать на них определенное влияние. Однако чаще всего наблюдение в агрономии не является самостоятельным приемом исследования, а составляет важную часть более сложного метода исследования – эксперимента.

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

*Главная черта и особенность любого точного научного опыта — его воспроизводимость (возможность повторить).*

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

По сравнению с наблюдением опыт имеет большие преимущества, благодаря которым эксперимент стал господствующим методом исследования всех естественных наук. Так, экспериментатор может сам воссоздать нужное ему явление, не дожидаясь, когда оно наступит в природе, может расчленять явления (анализ) и вновь объединять их (синтез), создавать надлежащие сопутствующие условия опыта, которые позволяют глубже изучать явления, понять причину их и следствие.

Наиболее характерной особенностью эксперимента, отличающей его от наблюдения и корреляции, является предварительный мысленный эксперимент, направленный на создание соответствующей обстановки опыта. Эта предварительная работа почти всегда самая трудная часть опыта, она требует от исследователя большой эрудиции и воображения. Необходимо мысленно представить весь ход эксперимента, убрать все лишнее, мешающее изучению явления.

*Методология*, в прикладном смысле, – это система (комплекс) принципов и подходов исследовательской деятельности, на которые опирается исследователь (учёный) в ходе получения и разработки знаний в рамках конкретной дисциплины – физики, биологии и других научных дисциплин. Основная задача методологии науки заключается в обеспечении эвристической формы познания системой строго выверенных и прошедших апробацию принципов, методов, правил и норм. Овладеть существующей методологией необходимо, потому что далеко не каждый исследователь может создать собственную, оригинальную методологию научного исследования, у которой нашлось бы достаточно последователей, чтобы он мог заявить с полным на то основанием о создании собственной научной школы. Поэтому основная часть исследователей должна примкнуть к существующим направлениям (методикам), используя проверенные методологические приёмы для достижения научных результатов.

## **1.2 Лекция № 2 (2 часа)**

**Тема:** «Виды экспериментов и требования к полевому опыту»

### **1.2.1 Вопросы лекции:**

1. Виды экспериментов и требования к экспериментатору.
2. Полевой опыт и его виды. Требования к полевому опыту.

### **1.2.2 Краткое содержание вопросов**

1. Виды экспериментов и требования к экспериментатору

Виды экспериментов

В связи с большой комплексностью изучаемых объектов в научной агрономии

используются разнообразные методы исследования, заимствованные из области точных наук – химии, математики, физики, физиологии, а также свои специфические методы. К основным методам агрономического исследования относятся лабораторный, вегетационный и лизиметрический, полевой.

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

Проводят лабораторные опыты как в обычных (комнатных), так и в искусственных строго регулируемых условиях – в термостатах, боксах и климатических камерах, позволяющих строго регулировать свет, температуру, влажность воздуха и другие факторы. Для лабораторного опыта не обязательно наличие главного объекта изучения агрономической науки – растения.

Вегетационный эксперимент – исследование, осуществляемое в контролируемых условиях – вегетационных домиках, теплицах, оранжереях, климатических камерах и других сооружениях с целью установления различий между вариантами опыта и количественной оценки действия и взаимодействия изучаемых факторов на урожай растений и его качество. Обязательным требованием к вегетационному опыту является наличие опытного растения.

Сущность вегетационного метода исследования состоит в том, что растения выращивают в вегетационных сосудах, в искусственной, но агрономически обоснованной обстановке, регулируемой экспериментатором. Для вегетационных опытов применяют самые разнообразные сосуды – стеклянные, глиняные, из пластических и других материалов. В качестве субстрата для выращивания растений используют почву, песок или воду. Во время опыта сосуды с растениями помещают в специально построенные вегетационные домики, теплицы или лаборатории искусственного климата. Это делают для того, чтобы защитить растения от неизучаемых или неблагоприятных факторов и выявить значение того или иного фактора жизни в возможно более «чистом» виде, сделать расчлененный анализ, который нельзя провести в природе.

Совершенствование техники вегетационного метода привело к созданию современных сложных инженерных сооружений – автоматизированных станций искусственного климата – фитотронов.

Фитотрон включает лабораторный корпус, оранжереи, климатические и морозильные камеры, позволяющие круглый год работать с растениями, создавая (моделируя) для них любые условия жизни.

Лизиметрический сельскохозяйственный эксперимент — исследование жизни растений и динамики почвенных процессов в специальных лизиметрах, позволяющих учитывать передвижение и баланс влаги и питательных веществ в естественных условиях. Лизиметрический метод отличается от вегетационного тем, что исследование жизни растений и свойств почвы проводят в поле, в специальных лизиметрах, где почва отгорожена со всех сторон (с боков и снизу) от окружающей почвы и подпочвы. Основное условие, определяющее конструкцию лизиметра – приспособления, позволяющие изучать просачивание воды и растворенных в ней веществ. Мощность слоя в лизиметре может варьировать в широких пределах – от глубины пахотного слоя до 1 – 2 м.

Материалы, из которых изготовляют лизиметры, могут быть очень разнообразными: делают бетонные и кирпичные лизиметры объемом 1 – 2 м<sup>3</sup> в расчете на длительное использование; металлические, с радиусом от 10 до 40 – 50 см и так называемые лизиметрические воронки диаметром 25 – 50 см. В лизиметрах значительно легче учитывать влагу, питательные вещества в почве и растениях. Однако полное отделение почвы в лизиметрах от нижележащих слоев создает в них, несомненно, иной питательный и водно-воздушный режим, чем в обычных полевых условиях.

Как бы ни были ценны наблюдения, результаты лабораторных, вегетационных и лизиметрических опытов, прежде чем сделать выводы из них и рекомендации для



производства (если вообще такие могут быть предложены), они должны быть проверены в условиях сравнительного полевого опыта. Все это делает полевой опыт основным, важнейшим методом исследования в полеводстве, луговодстве, овощеводстве и плодоводстве.

Полевой сельскохозяйственный опыт – исследование, осуществляемое в полевой обстановке на специально выделенном участке. Основной задачей полевого опыта является установление различий между вариантами опыта, количественная оценка действия факторов жизни, условий или приемов возделывания на урожай растений и его качество.

Полевой опыт связывает теоретические исследования в агрономии с сельскохозяйственной практикой. Результаты полевых опытов и обобщения практических наблюдений могут быть достаточно убедительным основанием для широкого внедрения.

#### Требования к экспериментатору

Экспериментатор должен уметь сосредоточить свое внимание на исследуемой проблеме – продолжительно и упорно думать о ней. Когда Ньютона спросили, как он сделал свои открытия, он ответил: «я постоянно думал о них». Правда, иногда приходится слышать утверждения, что великие открытия – дело случая: упало яблоко – открыл закон всемирного тяготения, забрался в ванну – гидростатический закон. На самом же деле «непроизвольные» мысли были подготовлены всей предшествующей умственной работой; решение уже созрело, и нужен был самый незначительный повод для того, чтобы оно выявилось с полной ясностью.

Экспериментатор должен преодолевать в себе привычку к рутинному мышлению, подходить ко всему с вопросом, развивать любознательность. Это необходимо не только потому, что тот, кто много спрашивает, многому научится, но и для творческой деятельности, самостоятельного мышления, критического отношения ко всему.

Важнейшие и неотъемлемые качества истинного экспериментатора – отсутствие чувства непреложности авторитета и догматизма, признание сложности изучаемых объектов, осторожность и скромность в утверждениях. Это не означает, однако, что на каждом шагу следует ставить под сомнение все ранее установленное и проверенное точным опытом; наоборот, наука действует методом дальнейшего развития, а не отбрасывания уже достигнутого, но в поиске новых знаний исследователь должен обязательно учитывать возможные ошибки своих предшественников и современников! Часто это настолько важно, что – выяснение возможных ошибок является условием развития науки. Каждый сам может повторить опыты и убедиться, соответствуют ли действительности его выводы.

И наконец, экспериментатор должен обладать большой работоспособностью и настойчивостью. Недаром говорят: «гений – это терпение». Ч. Дарвин указывал, что его успех как исследователя определяется сложными и разнообразными условиями, среди которых самые важные – любовь к науке, бесконечное терпение при размышлении над определенной темой, наблюдательность, достаточная доля изобретательности и здравого смысла.

При этом надо понимать, что и в науке есть достаточно много препятствий для развития творческих личностей. Это подметил известный английский философ и зоолог XX века Д. Моррис: «Престарелые профессора усматривают угрозу в лице способных соискателей, и нужен великий самоконтроль, чтобы учителя преодолели это в себе».

Факторы, отрицательно влияющие на процесс творческого мышления.

Сила привычки – сложившийся способ мышления, поведения, который приобретает характер потребности действовать, как действовал ранее.

Влияние авторитетов, если оно не дает творческой личности уходить от «накатанного» авторитетом пути, метода, направления исследования.

Самокритичность, выходящая за пределы разумного – отрицательное суждение о полученных результатах своего творчества, самовывявление недостатков.

Боязнь критики, мешает творческой личности действовать решительно, смело, рисковать.

Страх перед неудачей.

Излишняя самоуверенность.

Лень.

## 2. Полевой опыт и его виды. Требования к полевому опыту.

Полевой опыт и его виды.

В агрономической науке полевые опыты делятся на две большие группы: 1) агротехнические; 2) опыты по сортоиспытанию с.-х. культур.

Агротехнические опыты – опыты, проводимые для сравнительной объективной оценки действия различных факторов жизни, условий, приемов возделывания или их сочетаний на урожай с.-х. культур и его качество.

К этой группе относятся, например, опыты по изучению обработки почвы, предшественников, удобрений, способов борьбы с сорняками, болезнями и вредителями, норм и сроков посева и т. д.

Опыты по сортоиспытанию – опыты, где сравниваются при одинаковых условиях генетически различные растения, служат для объективной оценки сортов и гибридов с.-х. культур.

На основании этих опытов наиболее урожайные, ценные по качеству и устойчивые сорта, и гибриды районировать и внедряют в с.-х. производство.

В зависимости от количества изучаемых факторов, охвата почвенно-климатических условий, длительности и места проведения полевые опыты подразделяют на несколько видов: однофакторные и многофакторные, единичные и массовые (географические), краткосрочные, многолетние и длительные, эксперименты, заложенные на специальных опытных полях и в производственной обстановке.

Простой (однофакторный) эксперимент – это когда в опыте изучается один простой или сложный (составной) количественный фактор в нескольких градациях (дозы удобрения, пестициды, нормы посева, полива и т.д.) или сравнивается действие ряда качественных факторов (разные культуры, сорта, способы обработки, предшественники).

Иллюстрацией таких опытов могут быть следующие схемы:

### II. Нормы посева семян

1. 3 млн.
2. 4 млн.
3. 5 млн.
4. 6 млн.
5. 7 млн.

### III. Дозы удобрения

1. Без удобрений (контроль)
2. N60P60 K60 (1 доза)
3. N120P120 K120 (2 дозы)
4. N180P180 K180 (3 дозы)
5. N240P240 K240 (4 дозы)

Многофакторный опыт – опыт, в котором одновременно изучают действие и устанавливают характер и величину взаимодействия двух и более факторов.

Взаимодействие факторов – это дополнительная прибавка (или снижение) урожая, которая получается при совместном применении двух и более факторов.

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

Пример положительного взаимодействия факторов: от полива получена прибавка урожая зерна пшеницы 10 ц/га, от удобрения – 5 ц/га, а от совместного применения полива и удобрения – 25 ц/га, то дополнительный положительный эффект равен 10 ц/га ( $25 - (10 + 5) = 10$  ц/га).

Пример отрицательного взаимодействия: от NPK получена прибавка урожая картофеля 120 ц/га, от навоза – 110 ц/га, а от совместного применения NPK и навоза – 180 ц/га. Эффект взаимодействия равен – 50 ц/га ( $180 - (120 + 110)$ ).

Когда же факторы не взаимодействуют, прибавка от совместного их применения примерно равна арифметической сумме прибавок от их отдельного применения.

Установить величину и характер взаимодействия позволяют только те многофакторные опыты, которые спланированы по схеме полного факториального эксперимента (ПФЭ), которая предусматривает наличие всех возможных сочетаний изучаемых факторов и их градаций (доз). Поэтому не всякий опыт, включающий несколько факторов, можно назвать многофакторным.

Многофакторный эксперимент по полной факториальной схеме, в котором изучается два фактора в двух градациях ( $2 \times 2 = 4$ ), например глубокая обработка почвы и удобрение, должен иметь четыре варианта:

1. Мелкая обработка без удобрений (контроль).
2. Глубокая обработка без удобрений.
3. Мелкая обработка + удобрение.
4. Глубокая обработка + удобрение.

При исключении из этого опыта любого второстепенного, по мнению исследователя, варианта схема становится неполной, нефакториальной. Такой эксперимент будет равноценен простому однофакторному опыту, он не может выявить величину и характер взаимодействия изучаемых факторов.

Опыты называют единичными, если их закладывают в отдельных пунктах, независимых друг от друга, по различным схемам.

Если полевые опыты одинакового содержания проводят одновременно по согласованным схемам и методикам в различных почвенно-климатических и хозяйственных условиях, в масштабе страны, области или района, то их называют массовыми или географическими.

По длительности проведения полевые опыты разделяют на краткосрочные, многолетние и длительные.

К краткосрочным относят опыты продолжительностью от 3 до 10 лет. К многолетним – однофакторные и многофакторные стационарные опыты продолжительностью 10 – 50 лет, к длительным – более 50 лет. Основная задача многолетних и длительных стационарных экспериментов – изучение действия, взаимодействия и последствий систематически осуществляемых агротехнических приемов на плодородие почвы.

Многолетние и длительные опыты незаменимы при изучении физико-химических и биохимических процессов, медленно протекающих в почве и агрофитоценозах, расчетах баланса питательных веществ, учете потерь элементов питания и возможных масштабов загрязнения окружающей среды.

Во всех развитых странах мира многолетние и длительные полевые опыты широко используются для решения фундаментальных вопросов земледелия.

В нашей стране проводится много стационарных полевых опытов, рассчитанных на многолетний период. Среди них самый длительный – многофакторный опыт, заложенный в 1912 г. в Петровской академии. Здесь на фоне полной факториальной схемы с удобрениями (0, N, P, K, NP, NK, PK, NPK, навоз, навоз + NPK) изучается действие севооборота, бессменных культур, «вечного пара» и известкования на плодородие почвы. По количеству изучаемых в одном эксперименте факторов, объему и глубине проводимых исследований, их агрономическому значению этот опыт является уникальным не только в нашей стране, но и в мире.

Из зарубежных длительных стационаров следует указать на всемирно известные опыты Ротамстедской опытной станции в Англии с удобрениями бессменной пшеницы, ячменя и многолетних трав, заложенные между 1843 и 1855 г. Более 130 лет (с 1875 г.) ведется опыт с удобрениями в Гриньоне (Франция) в севообороте озимая пшеница – сахарная свекла. Продуктивность бессменной кукурузы и при возделывании ее в 2-3-х полных севооборотах более 100 лет (с 1876 г.) изучается в опыте Иллинойского университета (США). С 1878 г. продолжается опыт с бессменной рожью в Галле (ГДР).

Более 100 лет ведутся опыты по выявлению эффективности навоза и NPK в Дании, ГДР и Голландии; более 90 лет в Японии изучается действие систематического применения NPK, компостов и зеленых удобрений на урожай риса.

По месту проведения подразделяют полевые опыты, заложенные на специально организованных и приспособленных для этих целей участках или опытных полях, и полевые опыты, проведенные в производственной обстановке – на полях хозяйственных севооборотов.

Производственный сельскохозяйственный опыт – это комплексное, научно поставленное исследование, которое проводится непосредственно в производственных условиях и отвечает конкретным задачам самого материального производства, его постоянного развития и совершенствования.

Требования к полевому опыту

Ценность результатов полевого опыта зависит от соблюдения определенных методических требований. Важнейшие из них следующие: 1) типичность опыта; 2) соблюдение принципа единственного различия; 3) проведение опыта на специально выделенном участке; 4) учет урожая и достоверность опыта по существу.

Под типичностью (репрезентативностью), полевого опыта понимают соответствие условий его проведения почвенно-климатическим (природным) и агротехническим условиям данного района или зоны. Любой полевой опыт должен отвечать требованию почвенно-климатической типичности. Нет смысла изучать приемы повышения плодородия почв в опыте, расположенном на песчаных почвах, если результаты работы предполагается использовать на глинистых почвах.

В понятие «типичность» для агротехнического полевого опыта входит также требование проводить исследование с районированными (или перспективными) сортами и типичными для данной зоны культурами.

К типичности относится также требование проведения полевого опыта при общем высоком уровне агротехники; опыты при низком уровне агротехники не имеют большой производственной ценности. Часто не оправдан выбор неокультуренной почвы для полевого опыта, особенно с удобрениями. Это хотя и дает результаты, производящие большое впечатление, но не соответствует практическим условиям обычных старопахотных почв. Очевидно, что на бедных землях изучаемые в опыте удобрения будут более эффективными даже при более низком общем уровне урожаев. Поэтому достоверность выводов из опытов, проведенных на окультуренных почвах при высоком уровне агротехники, значительно выше и применимость результатов таких опытов шире, чем тех, которые ставятся на неокультуренных землях при низком уровне агротехники.

Принцип единственного различия – при постановке полевых опытов необходимо соблюдать единство всех условий, кроме одного – изучаемого.

Это очень важное и обязательное требование методики и оно должно строго соблюдаться в опытной работе.

Единственное различие не следует понимать механически, под этим принципом понимается главное, изучаемое различие. Поясним это примером. Предположим, в опыте сравниваются два сорта пшеницы. Казалось бы, что для сравнения урожайности двух сортов необходимо применять одинаковую норму посева. Однако если сравниваемые сорта вследствие биологических особенностей по-разному кустятся, то их нельзя высевать одинаковой нормой. Более правильно сравнивать урожаи не при одинаковых, а оптимальных для каждого сорта нормах посева. Сходные вопросы возникают и в других случаях – в отношении сроков посева, обработки почвы, удобрения и т.д. В этих случаях принцип единообразия должен пониматься как принцип целесообразности и оптимальности.

Требование проведения полевого опыта на, специально выделенном участке с хорошо известной историей – это логическое следствие требования принципа единственного различия. Оно также обязательно для любого полевого опыта. В практике опытного дела

это требование методики нередко игнорируют, опыты закладывают на участках, история которых неизвестна, в связи, с чем результаты таких опытов невозможно понять, интерпретировать и тем более использовать. Нельзя называть опытом, какие бы то ни было испытания приемов агротехники или сортов, если их проводят на случайных участках.

Требование учета урожая и достоверности опыта. Урожай и качество сельскохозяйственных растений – главный объективный показатель при характеристике изучаемых в опыте вариантов. В результате учета урожая, который отражает и интегрирует действие на растение всех условий возделывания, становится возможным количественно установить влияние тех факторов, которые изучаются в данном опыте. Однако данные учета урожая и оценки его качества могут иметь реальный смысл и объективно отражают изучаемое явление только в том случае, если опыт достоверен по существу.

Под достоверностью опыта, по существу, понимают логически правильно построенную схему и методику проведения опыта, соответствие их поставленным перед исследованием задачам, правильный выбор объекта и условий проведения данного опыта. Опыты, проведенные по неправильно разработанной схеме и методике, при несоответствующих данному исследованию условиях или с нарушением методики и техники, т.е. опыты, недостоверные по существу, искажают эффекты изучаемых вариантов и не могут быть использованы для их сравнительной оценки. Такие опыты следует браковать.

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

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

Необходимо знать основные свойства ошибок и причины их возникновения.

Случайные ошибки – это ошибки, возникающие под воздействием очень большого числа факторов, эффекты, действия которых столь незначительны, что их нельзя выделить и учесть в отдельности. Любой полевой опыт содержит в себе некоторый элемент случайности, т.е. изменчивость получаемых данных обусловлена в какой-то степени неизвестными нам причинами – случайными ошибками.

Систематические ошибки – это ошибки, которые искажают измеряемую величину в сторону преувеличения или преуменьшения в результате действия вполне определенной постоянной причины. В полевом опыте такой причиной часто является закономерное варьирование неизучаемых факторов, например плодородия почвы, и элиминировать их действие на результативный признак можно путем правильной методики.

Основная особенность систематических ошибок их одно направленность, т.е. они завышают или занижают результаты опыта. Это приводит к тому, что такие ошибки в отличие от случайных не имеют свойства взаимопогашения и, следовательно, целиком входят как в показания отдельных наблюдений, так и в средние показатели.

Грубые ошибки – возникающие в результате нарушения основных требований к полевому опыту, недосмотра или небрежного и неумелого выполнения работ.

Например, исполнитель опыта по небрежности дважды внес удобрение на одну и ту же делянку, перепутал делянки при взвешивании урожая, неправильно записал его массу и т.д. Подобные ошибки не могут быть компенсированы, и остается только забраковать испорченные делянки, повторения или весь опыт. Избежать грубых ошибок можно продуманной, тщательной организацией и проведением полевого опыта.

Для математической обработки и обоснованных выводов можно использовать лишь те результаты полевых опытов, которые не содержат грубых и систематических односторонних ошибок. Неустранимость же случайных ошибок из данных полевого опыта и возможность их количественной оценки ведут к тому, что все выводы по результатам эксперимента имеют вероятностный характер.

### 1.3 Лекция № 3 (2 часа)

**Тема:** «Основные этапы научного исследования»

#### 1.3.1 Вопросы лекции:

1. Подготовительный этап (планирование) исследования.
2. Проведение исследований.
3. Оформление научно-исследовательской работы.
4. Внедрение результатов научного исследования.

#### 1.3.2 Краткое содержание вопросов

1. Подготовительный этап (планирование) исследования

Всякое научное исследование от творческого замысла до окончательного оформления научного труда осуществляется весьма индивидуально. Но все же можно определить некоторые общие методологические подходы к его проведению.

Современное научно-техническое мышление стремится проникнуть в сущность изучаемых явлений и процессов. При научном исследовании важно все. Концентрируя внимание на основных или ключевых вопросах темы, нельзя отбрасывать так называемые косвенные факты, которые на первый взгляд кажутся малозначительными. Часто бывает, что именно такие факты приводят к началу открытия.

В науке мало установить какой-либо новый научный факт, важно дать ему объяснение с позиций современной науки, показать его общепознавательное, теоретическое или практическое значение.

*Проблемы, с которыми сталкивается исследователь, работая бессистемно*

Не соблюдая этапы научного исследования, многие молодые люди сталкиваются с проблемой, когда объем предстоящей работы настолько велик, что даже сложно сообразить, с чего следует начинать свой путь. Одни бросают свои основные силы на поиск литературы и информации по теме, просиживают в библиотеках месяцами, но работа не двигается с места, а огромный объем обработанной информации вызывает сомнения по поводу её дальнейшей необходимости. Т.е. не стоит углубляться лишь в теоретическую часть.

Другие же, начиная свой путь, концентрируя внимание лишь на эмпирической части. Браться сразу же за постановку эксперимента – обречь своё исследование на недостоверные данные.

Во избежание разного рода хаотических и необоснованных действий, студенту или аспиранту следует изучить технологию (алгоритм) научного исследования. Это поможет избежать ошибок и выполнять поставленные задания в нужные сроки.

Для успеха научного исследования его необходимо правильно организовать, спланировать и выполнять в определённой последовательности.

*Этапы выполнения научно-исследовательской работы:*

- 1) подготовительный;
- 2) проведение исследований;
- 3) оформление научно-исследовательской работы;
- 4) внедрение результатов научного исследования.

*Подготовительный этап (планирование) исследования включает:*

- выбор темы;
- анализ истории и современного состояния вопросов, поставленных на изучение и формулирование проблемы;

- выдвижение рабочей гипотезы или нескольких гипотез и их обоснование;
- разработка программы исследования.

Выбор темы исследования – трудный и ответственный этап.

Принято считать, что правильно выбрать тему – это наполовину обеспечить успешное выполнение исследования. Тема должна быть актуальна, отличаться новизной, направлять научный поиск в область ещё не разрешённых проблем и вопросов современной науки.

Необходимо определиться к какому типу исследования она будет относиться, к фундаментальному или прикладному.

Фундаментальная наука:

- область познания, подразумевающая теоретические и экспериментальные научные исследования основополагающих явлений;
- затрагивает *базовые принципы* большинства гуманитарных и естественнонаучных дисциплин;
- служит расширению теоретических, концептуальных представлений.

Задачей фундаментальных наук является познание законов, управляющих поведением и взаимодействием базисных структур природы, общества и мышления. Эти законы и структуры изучаются в «чистом виде», как таковые, безотносительно к их возможному использованию.

Прикладная наука - это наука, направленная на получение конкретного научного результата, который актуально или потенциально может использоваться для удовлетворения частных или общественных потребностей.

При *выборе темы* исследования предпочтительно брать задачу сравнительно узкого плана, которую предстоит разработать глубоко и всесторонне, при этом необходимо иметь в виду её актуальность и соответствие требованиям науки и практики.

Важным критерием при выборе темы является наличие у самого исследователя достаточно положительного опыта работы и способностей.

При выборе темы надо обязательно учитывать и возможности материальной базы, специальной техники и наличие методики исследования. Также следует учитывать и то, как соответствующая проблема была освещена в научных работах до настоящего времени и отдавать предпочтение менее изученным и слабо освещённым.

Для выбора темы исследования можно использовать следующие приёмы:

- Ознакомление с обзором достижений науки и техники. Именно так в своё время натолкнулась на важную тему для диссертации известный физик Мария Кюри-Склодовская. Просматривая новые журналы в поисках научной информации, она обратила внимание на интересное явление, незадолго до этого подмеченное французским физиком Анри Беккерелем. Уран и его соли испускали какие-то лучи, которые проходя сквозь чёрную бумагу, вызывали свечение некоторых веществ. М. Кюри-Склодовская с головой ушла в захватившую её работу в ещё малоисследованной области. Как известно, в 1898 г. совместно со своим мужем Пьером Кюри она открыла новые радиоактивные элементы - полоний и радий. В настоящее время многие журналы регулярно публикуют критические обзоры новейших научных достижений, что облегчает ориентацию в малоизученной тематике современной науки; ознакомление с новейшими результатами исследований в смежных, пограничных областях науки и техники.

- На "стыках" наук часто выявляются новые и важные открытия. Недаром же эти пограничные области называют "белыми пятнами" в науке; разработка новых более эффективных методов исследования, конструирования машин, технологических приёмов на основе новейших достижений науки и техники.

- В истории науки есть немало замечательных примеров, когда пересмотр старых открытий под новым углом зрения давал исключительные результаты. Напомним о коренной проверке аксиом древнегреческого геометра Эвклида знаменитым русским математиком Н.И. Лобачевским. Это привело к открытию Н.И. Лобачевским так называемой неевклидовой геометрии, нового учения в математике.

Автору будущей работы необходимо выяснить, максимально используя все доступные средства и информацию, не ведутся ли исследования по выбранной теме в других местах и другими людьми. Встреча с коллегой до начала работы будет более приятной, чем потом, на процедуре защиты, когда соискателю сообщат, что диссертация на подобную или весьма близкую тему была защищена недавно.

*Анализ истории и современного состояния вопросов, поставленных на изучение и формулирование проблемы.*

После предварительного выбора темы исследователю необходимо провести библиографический поиск по данной отрасли, чтобы получить точное представление о сделанном до него по изучаемому вопросу.

При выборе литературы рекомендуется в первую очередь остановиться на каком-либо более обширном источнике, в котором рассматривается выбранная проблема исследования. В ходе тщательной проработки такого произведения можно обнаружить, что в тексте, подстрочных ссылках и перечне использованной литературы назван целый ряд трудов, в которых рассматривается избранная для исследования проблема.

*Изучение научных публикаций необходимо проводить по этапам:*

- общее ознакомление с произведением в целом по его оглавлению; беглый просмотр содержания;
- чтение в порядке последовательности расположения материала;
- выборочное чтение какой-либо части произведения;
- выписка представляющих интерес материалов;
- критическая оценка записанного, его редактирование для возможного использования в своей работе.

Такую работу желательно проводить параллельно с составлением картотеки литературных источников.

При анализе картотеки можно выяснить, что намеченная для исследования проблема уже изучена, описана и широко применяется на практике. Таким образом, основательное изучение литературы позволит избежать напрасной работы над уже разрешённой проблемой. Картотека может также указать на то, что хотя исследуемая тема уже широко рассмотрена во многих трудах, но целый ряд вопросов затронут лишь мимоходом, поверхностно, детально не изучен.

*Итогом работы с литературой должно быть формулирование проблемы!*

*Проблема (от греч. problema - задача) теоретический или практический вопрос, требующий изучения, разрешения.* Важной предпосылкой успешного решения проблемы служит её правильная постановка. Неверно поставленная проблема уведёт в сторону от разрешения подлинных проблем.



В научном смысле, *проблема* – это объективно возникающий в ходе развития познания вопрос или целостный комплекс вопросов, решение которых представляет существенный практический или теоретический интерес. Проблема исследования логически вытекает из установленного противоречия, из него вычленено то, что имеет отношение только к науке и переведено в плоскость познания, сформулировано на языке науки. Ставя проблему, исследователь отвечает на вопрос: что надо изучить из того, что раньше не было изучено?

Формулируя проблему, мы сужаем диапазон поиска её возможных решений и в неявном виде выдвигаем гипотезу исследования.

*Выдвижение рабочей гипотезы или нескольких гипотез и их обоснование.*

*Гипотеза* - это научное предположение, истинное значение которого неопределённо. Она представляет собой возможный (предполагаемый) ответ на вопрос, который исследователь поставил перед собой.

Научная гипотеза представляет собой научно обоснованное предсказание о ходе и результатах исследования, которое может превратиться в научную теорию. Построение гипотезы является одним из наиболее трудных этапов исследования.

Гипотеза является одним из главных методов развития научного знания, который заключается в выдвижении гипотезы и последующей её экспериментальной, а подчас и теоретической проверке, которая либо подтверждает гипотезу и она становится фактом, концепцией, теорией, либо опровергает, и тогда строится новая гипотеза и т.д.

Завершающим этапом работы с литературой является уточнение темы и её формулировка. Формулировка выбранной темы должна быть чёткой, ясной и выражать сущность проблемы исследования.

*Заключительным этапом подготовительного периода исследовательской работы является разработка программы.*

При составлении плана в первую очередь следует сформулировать *обоснование актуальности темы исследования*. Здесь нужно указать из каких соображений приступают к исследованию данной проблемы, чем обусловлена необходимость исследования - развитием науки, общественными потребностями или она представляет собой обобщение опыта и т.д. Какие задачи стоят перед сельскохозяйственной наукой в аспекте избранного направления в конкретных социально-экономических условиях развития общества; что уже сделано, что осталось нераскрытым и что предстоит сделать.

Программа исследования представляет собой проект намеченного хода эксперимента, в котором указываются точные границы опытной работы, схемы опытов, описываются сопутствующие условия проведения опытов и наблюдения, определяется методика и устанавливается точность опыта, а также основные элементы техники эксперимента.

Наиболее сложный вопрос, который приходится решать исследователю, – это разработка схем будущих опытов.

Схемы опытов могут быть однофакторные и многофакторные.

*Однофакторные* строятся с несколькими градациями изучаемого фактора, например норм высева семян, сроков сева, доз удобрений. Интервалы между дозами, сроками, глубиной и т.д. должны быть такими, чтобы разница в урожаях между ними превышала ошибку опыта.

*Многофакторные* опыты строятся по принципу всевозможного сочетания изучаемых факторов, например разная глубина обработки почвы и различные удобрения, предшественники и сорта и т.д. Разработка схемы опыта очень важная и ответственная

работа исследователя. Схема должна быть составлена так, чтобы при проведении эксперимента решались все поставленные проблемы.

## 2. Проведение исследований (опыта, эксперимента).

Проведение исследования предусматривает реализацию запланированных действий согласно выбранной методологии, подготовленной соответствующим образом.

Проведение опыта (эксперимента) самый ответственный этап научных исследований. Поэтому на этом этапе к исследователю предъявляются высокие требования. Главные качества которыми должен обладать исследователь на этапе проведения эксперимента:

- аккуратность (грубую ошибку, допущенную при закладке опыта исправить не возможно);
- честность (очень сложно бывает противостоять соблазну подтасовать полученные данные, в пользу своей гипотезы);
- сила воли («сделаю работу завтра, не куда она не денется», может привести к тому, что будет пропущен оптимальный срок наблюдений, например из-за дождя).

## 3. Оформление научно-исследовательской работы

Письменное изложение работы происходит на основе расширенного плана, который по мере надобности, дополняется и исправляется.

Объем НИР определяет умение соискателя коротко и исчерпывающе, точно и всесторонне изложить содержание исследуемой темы, своих новых научных результатов и необходимых аргументов в их защиту. Поэтому чем меньше объем диссертации, тем выше её ценность в научно-методическом отношении. Это значит, что диссертант, подобно скульптору, взявшему глыбу мрамора и отсёкшему все лишнее, должен получить гармоничное по форме и содержанию научное произведение. Известны примеры, когда канд. и докт. диссертации не превышали 16-40 страниц машинописного текста.

Немаловажное значение имеет и язык изложения научной работы, (научный стиль). Стилю всегда приписывались такие свойства, как точность употребления слова, деловитость и строгость описаний и определений. Необходимо излагать мысли, факты, доказательства так, чтобы они были ясны для специалистов, вместе с тем научные работы должны быть понятны в своей основе и широкому кругу образованных читателей.

Благодаря специальным терминам и знакам, стандартным и международным условным обозначениям достигается возможность в краткой и экономной форме давать развёрнутые определения и характеристики научных фактов, понятий, процессов, явлений. Точное и исчерпывающее определение какого-либо понятия – залог правильного его понимания. Следовательно, нужно с большим вниманием выбирать научные термины и обозначения, а также иностранные слова для своих сочинений, памятуя русскую поговорку: "Лучше споткнуться ногой, нежели словом". Ещё А.М. Деборин (1957 г.) писал: "Следует твёрдо помнить, что научный термин - не просто слово, а выражение сущности данного явления. Поэтому необходимо заботиться о кристальной ясности и определённости терминологии, поскольку она представляет собой сущность самой науки".

В процессе написания работы чётко должна просматриваться последовательность проведения принятой теоретической позиции, логичность изложения. Выразительность научного изложения заключается в чёткости и ясности речи, в соединении с образностью. Изыществу речи препятствует частое повторение одних и тех же слов. Необходимо

находить синонимы нужных слов. В хорошо отредактированном сочинении отдельные слова повторяются не чаще, чем через 50-100 слов, а если возможно, то упоминаются только один раз на странице. Изяществу научной речи способствует тщательный выбор слов. Это позволяет употреблять их с различными значениями и оттенками мысли. Разумеется, речь не идёт об установившейся научной терминологии и стандартных обозначениях.

#### 4. Внедрение результатов научного исследования

Заключительный, не менее ответственный этап научно-исследовательской работы, на котором результаты теоретических исследований (часто многолетних, связанных с длительными экспериментами) проверяются практикой. В процессе внедрения результатов научного исследования уточняется их технико-экономическая эффективность, выявляются вопросы, требующие дополнительных исследований и доработки.

В сельское хозяйство внедряются новые машины и орудия, прогрессивная технология возделывания с/х культур и выращивания животных, новые формы организации производства и т.д.

Научно-исследовательские учреждения, осуществляя *внедрение своих работ, оказывают научно-техническую помощь проектным организациям путём совместной разработки проектов*. Одним из наиболее распространённых путей внедрения результатов научных исследований является утверждение и издание нормативных документов, методических указаний, инструкций, пособий и т.п.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований могут *внедряться* также путём публикации их в виде монографий, научных сообщений и статей в специальных журналах.

Участие научно-исследовательских организаций в процессе внедрения результатов их работ выражается главным образом в оказании научно-технологической помощи в проведении разработанных приёмов.

Успех внедрения результатов исследования в практику определяется, прежде всего, готовностью к этому теоретических и методических положений, доведённых до уровня конкретных рекомендаций.

Важная роль в пропаганде достижений науки и передового опыта принадлежит демонстрационным или показательным полевым опытам. Главная задача этих опытов – дать наглядное представление о преимуществе и особенностях нового агротехнического приёма, технологии возделывания, нового сорта или культуры. Для демонстрационных опытов, которые закладывают в опорно-показательных хозяйствах, на экспериментальных базах научно-исследовательских учреждений и в передовых хозяйствах, отбирают те приёмы и способы, агротехническая оценка которых дана в полевых опытах, хорошо отработана вся технология, и, следовательно, нет оснований сомневаться в их эффективности.

### 1.4 Лекция № 4 (2 часа)

**Тема:** «Основные методические приёмы и методы постановки опытов в зоотехнии»

#### 1.4.1 Вопросы лекции:

1. Особенности зоотехнических опытов. Виды зоотехнических опытов
2. Методы, построенные на принципе аналогичных групп
3. Методы, построенные на принципе групп-периодов

### 1.4.2 Краткое содержание вопросов

#### 2. Особенности зоотехнических опытов. Виды зоотехнических опытов

Центральным звеном в подготовке и проведении любого эксперимента является методика исследований, т. е. комплекс и последовательность специфических операций над подопытными животными. В них сравнивают или действие различных факторов на одинаковых (сходных) животных, или действие одинаковых факторов, но на разных животных (по породе, полу и т.д.). При этом один из вариантов сравнения (группа животных или рацион) принимается за контроль (эталон), а другие – за испытуемые.

Под *фактором* понимается любое влияние, действующее на изучаемый хозяйственно-полезный признак.

Факторы могут быть:

- физические (температура, влажность, освещенность, уровень радиации);
- химические (состав рациона, различные питательные, биологически активные вещества);
- биологические (наследственность, порода, пол, возраст);
- условия содержания, например, напольное и клеточное содержание цыплят-бройлеров;
- специфические признаки, например, длина ног как фактор, влияющий на резвость лошади.

Виды зоотехнических опытов:

■ *научно-хозяйственные опыты* – для изучения разных факторов на хозяйственно-полезные признаки (показатели продуктивности, воспроизводства, состояние здоровья) Их проводят в условиях хозяйств на ограниченном количестве сельскохозяйственных животных.

■ *Хозяйственные (производственные) опыты* – для апробации (проверки) данных, полученных в научно-хозяйственных опытах.

Их проводят также в хозяйствах, но уже на большом количестве с/х животных. Эти опыты проводят длительное время, иногда несколько лет.

■ *Физиологические (научные) опыты* – для изучения отдельных сторон жизнедеятельности организма, например, переваримости питательных веществ, обмена веществ, газообмена и т.д.

Их проводят или на фоне научно- хозяйственных опытов или отдельно.

#### 1. Методы, построенные на принципе аналогичных групп

Методы, построенные на принципе аналогичных групп, включают методы обособленных групп (пар-аналогов, однойцевых двоен и др.) и методы интегральных групп (двух и многофакторные комплексы).

*Метод пар-аналогов* является основным и наиболее универсальным методом зоотехнических исследований. Главный принцип составления опытных групп - каждому животному в одной группе должно соответствовать аналогичное животное в другой группе, по полу, генотипу, возрасту, физиологическому состоянию.

Недостатком метода является то, что оценка изучаемых факторов проводится на разных животных и достичь полной идентичности аналогичных групп никогда не удаётся.

Чтобы повысить точность опыта, необходимо увеличить численность групп, это приводит к удорожанию опытов. Этих недостатков лишён метод однойцевых двоек, который считается высшим выражением метода пар-аналогов и широко используется за границей.

*Метод сбалансированных групп-аналогов* применяется в том случае если недостаточно данных о происхождении животных или нет достаточно числа их, сходных по происхождению. Это может сделать эксперимент ненадёжным. Для повышения точности опыта необходимо: увеличить число животных в 1,5-2 раза в сравнении с методом пар-аналогов, т.е. до 20-30 животных в каждой группе. Метод сбалансированных групп-аналогов больше подходит для постановки опытов на взрослых особях.

*Метод мини-стада* применяется для проведения длительных опытов в основном по кормлению и содержанию животных, по изучению технологий.

Суть метода заключается в том, что в стаде для изучения какого-либо вопроса формируют небольшую группу животных, которую выделяют в самостоятельную производственную единицу.

*Метод интегральных групп* позволяют анализировать действие на физиологическое состояние и продуктивность животных сразу нескольких факторов.

Отбор животных в мини-стадо проводится случайно, т.е. рандомизированно. Мини-стадо является опытной группой, контролем для него служит общее стадо фермы.

## 2. Методы, построенные на принципе групп-периодов

Методы, построенные на принципе групп-периодов, включают методы периодов и параллельных групп-периодов, методы обратного замещения (стандартный и без контрольной группы), повторного замещения (двукратного и многократного) и методы латинского квадрата. Выбор метода определяется задачами, поставленными на исследование, а также наличием необходимых условий для проведения опытов.

Это самая большая и разнообразная по вариантам группа методов.

Самый простой - *метод периодов*. Проводят на одной группе животных и при этом изучают влияние только одного фактора в течение нескольких последовательных периодов.

В предварительный период (в среднем 15 суток) животных проверяют на пригодность для опытов.

В опытном периоде (30-60 суток), вводится изучаемый фактор.

В заключительный период (25-30 дней) действие изучаемого фактора исключается. И если продуктивность и другие качества животных за этот период вернуться к уровню предварительного периода, действие изучаемого фактора считается подтверждённым.

Преимущество метода: опыт ставится на одних и тех же животных.

Недостаток: на отрезке времени, когда проводится опыт, изменяются: физиологическое состояние животных и неконтролируемые условия внешней среды (продолжительность светового дня).

*Метод параллельных групп-периодов*. Групп берётся столько сколько изучается факторов. При этом группы между собой не сравниваются, а сравниваются только периоды.

*Метод групп-периодов с обратным замещением* представляет собой сочетание группового метода и метода периодов. Метод позволяет получать более достоверные данные в сравнении с первым и вторым методами, поскольку сравнение изучаемых показателей проводится в двух направлениях: между группами и между периодами.

*Метод латинского квадрата*. Этот метод является дальнейшим развитием метода групп-периодов и позволяет на небольшом числе животных провести опыты по оценке

действия различных факторов на хозяйственно-полезные признаки животных и получить достоверные результаты.

Стандартный метод латинского квадрата состоит в том, что действие изучаемого фактора оценивается на индивидуальном животном.

При постановке опыта по этой схеме необходимо учитывать следующие положения:

1. Число периодов должно соответствовать числу групп или факторов.
2. Число животных в группах должно быть кратным числу периодов опыта.
3. Все животные, поставленные на опыт должны быть сохранены до конца опытов. В противном случае математическая обработка будет сильно затруднена.
4. Для комплектования групп подбираются сходные по зоотехническим качествам животные, а их распределение по группам производится случайно.

## **1.5 Лекция № 5 (2 часа)**

**Тема:** «Планирование эксперимента»

### **1.5.1 Вопросы лекции:**

1. Общие принципы и этапы планирования.
2. Планирование наблюдений и учётов.

### **1.5.2 Краткое содержание вопросов**

#### **1. Общие принципы и этапы планирования**

Научные исследования и разработки включают три основных этапа: 1) планирование; 2) проведение опытов, наблюдений и учётов; 3) обработку и обобщение полученных данных.

*Планирование — это определение задачи и объектов (растений) исследования, разработка схемы эксперимента, выбор земельного участка и оптимальной структуры полевого опыта.* Нетерпение и поспешность при планировании полевого опыта редко приводят к быстрому и результативному завершению экспериментальных исследований и разработок. Больше того, поспешность может привести к существенным дефектам эксперимента – неправильному выбору градаций изучаемых факторов, контрольных и опытных вариантов, неоправданному увеличению объёма работ, что сильно затрудняет техническое проведение опыта, снижает достоверность данных и обходится слишком дорого. Ошибки, допущенные при планировании, нельзя исправить в последующем ни тщательным проведением опытной работы, ни применением дорогостоящих инструментальных методов исследования и статистической обработки на современных ЭВМ.

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

Необходимо чётко сформулировать цель исследования, построить логическую модель изучаемого явления и правильно выбрать стратегию, которая определяет методы и приёмы исследования.

Следующий этап планирования – изучение литературы по избранной проблеме и выдвижение рабочей гипотезы или ряда конкурирующих гипотез. Рабочая гипотеза служит отправным пунктом для составления схемы или ряда схем будущих опытов, и разработки программы исследования. В программе указывают схемы опытов, основные элементы методики и техники эксперимента, наблюдения и учёты.

Сложным и ответственным этапом планирования является разработка схемы и методики опыта, выбор полевых и лабораторных наблюдений (анализов) и учётов для оценки и объяснения действия изучаемых факторов. Надёжность результатов

эксперимента и соответствие их поставленной задаче зависят от правильного решения основного вопроса планирования – разработки схемы полевого опыта.

Однофакторные опыты. При планировании схем однофакторных экспериментов, которые каждый год закладывают на новых земельных участках, следует иметь в виду два основных момента. Во-первых, варианты в однофакторном опыте могут различаться качественно: опыты по изучению и сравнительной оценке сортов и культур, способов посева и обработки почвы, предшественников, разных форм удобрений, пестицидов и т.п. Во-вторых, варианты в опыте могут иметь количественные градации изучаемых факторов: опыты с дозами удобрений, нормами полива, глубиной обработки почвы, нормами посева семян и т. п. Сравнительно просто решается вопрос о схемах однофакторных опытов, в которых варианты различаются качественно. Например, если экспериментатор планирует изучить пять сортов озимой пшеницы или пять способов обработки почвы, схема опыта будет включать пять вариантов *A, B, C, D, E*. В общем виде схему однофакторных опытов с качественными градациями можно записать так: *A, B, C, ..., Z*.

При разработке схем однофакторных опытов, в которых варианты различаются качественно, важно выдержать принцип единственного различия, правильно выбрать контрольный вариант (стандарт) и определить сопутствующие, не изучаемые в опыте оптимальные агротехнические условия эксперимента (фон). Для схем однофакторных полевых опытов с количественными градациями, кроме перечисленных выше требований, необходимо правильно установить единицу варьирования для доз изучаемого фактора и число градаций (доз). Важно так составить схему опыта, чтобы на основании экспериментальных точек – эффектов вариантов можно было построить кривую отзывчивости (отклика), которая будет характеризовать зависимость урожая от изменения изучаемых градаций фактора.

Обычно связь между урожаем и возрастающими дозами одного фактора нелинейна. Поэтому желательно иметь достаточное число доз в широком диапазоне. Необходимо стремиться установить или равные интервалы между градациями фактора, или, если это можно предугадать, назначить больше градаций в местах перегибов кривой отзывчивости.

Обычно достаточно иметь 5-8 уровней (доз, градаций) изучаемого фактора. При этом важно так установить основной уровень, т.е. ту центральную точку на кривой отзывчивости, чтобы по мере движения к крайним (экстремальным) значениям эксперимент охватывал бы лимитирующую, стационарную и ингибирующую область этой кривой (рис. 1). Таким образом успешное решение поставленной перед экспериментатором задачи зависит от удачного выбора основного уровня (центра эксперимента) и единицы (шага) варьирования изучаемого фактора.

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

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

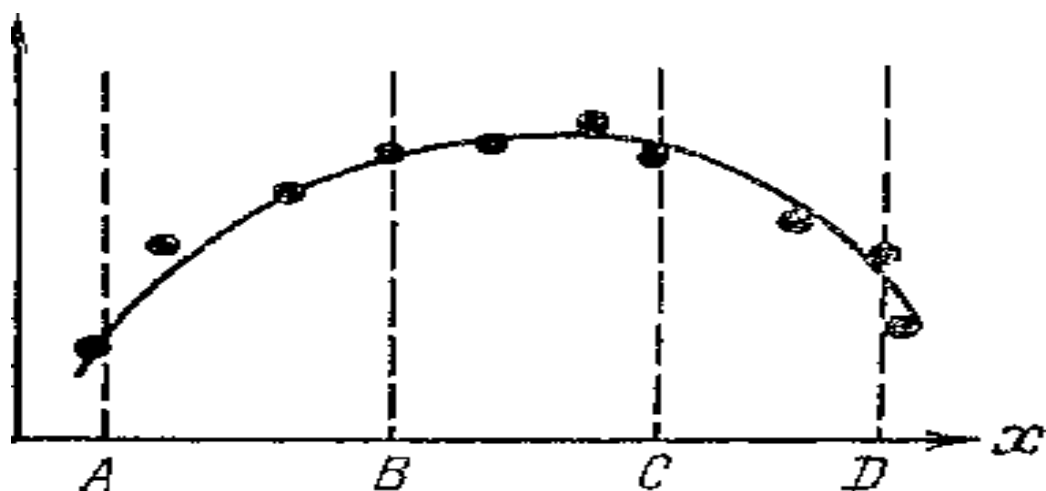


Рис. 1. Типичная форма кривой однофакторной зависимости,  $AB$  — лимитирующая область;  $BC$  — стационарная область;  $CD$  — ингибирующая область.

*Многофакторные опыты.* Принципиальная особенность многофакторного опыта — возможность установить действие изучаемых факторов, характер и величину их взаимодействия при совместном применении.

Чтобы на основе данных многофакторного эксперимента можно было вычислить эффекты действия и взаимодействия факторов при планировании его схемы, необходимо выдержать принцип факториальности. Суть принципа факториальности заключается в том, что схема должна предусматривать испытание всех возможных сочетаний намеченных к изучению факторов и их градаций (доз).

В факториальных опытах может изучаться действие и взаимодействие как количественных, так и качественных факторов и их градаций. Для количественных факторов нулевая градация (0) означает отсутствие изучаемого фактора, например без удобрений, без полива и т.п. или его какой-то низший уровень, например минимальная норма посева, глубина обработки и т.п. Для качественных факторов нулевая градация означает контрольный вариант — стандартная система обработки, стандартный сорт и т. д.

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

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

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



простому однофакторному опыту.

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

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

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

1. Опытные данные показывают влияние каждого фактора в различных условиях, создаваемых изменением других факторов.
2. Испытание различных сочетаний факторов позволяет получить более надёжные основания для практических рекомендаций, остающихся пригодными и при изменяющихся условиях.
3. При независимом действии факторов один многофакторный опыт даёт столько же информации о каждом из них, как если бы весь эксперимент был посвящён исследованию только одного фактора. Если же факторы взаимодействуют, то мы получаем большую дополнительную информацию о величине и характере их взаимодействия.

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

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

## 2. Планирование наблюдений и учётов.

Полевые опыты сопровождаются однократными и периодическими количественными и качественными наблюдениями за растениями, за факторами жизни и условиями внешней среды.

В зависимости от задач исследования могут преобладать полевые или лабораторные наблюдения (анализы) или за растениями, или за факторами и условиями их развития. Чтобы получить надёжные данные в этих исследованиях при разработке программы полевых и лабораторных наблюдений, экспериментатор должен решить следующие вопросы: 1) какие наблюдения, анализы и учёты включить в программу; 2) в какие сроки проводить наблюдения и учёты; 3) определить оптимальный объем выборок (проб) и 4) обеспечить представительность отбираемых выборок.

Наиболее распространённой ошибкой начинающих экспериментаторов является включение в программу исследования случайного набора наблюдений и учётов без заранее намеченных целей и технических возможностей в надежде, что они для чего-нибудь пригодятся. Целенаправленность – важнейшее требование к любому наблюдению, сопутствующему полевому опыту. Небольшое число продуманных и целеустремлённых наблюдений гораздо ценнее, чем груды случайно выбранных шаблонных описаний фаз развития, измерений высоты и подсчётов густоты, очень трудоёмких, часто не согласованных с общей целью опыта и впоследствии обычно редко используемых. Опыт должен сопровождаться не стандартным набором наблюдений, а теми наблюдениями, без которых нельзя понять изучаемое явление и объяснить получение тех или иных прибавок урожая или характер изменения его качества.

Сроки и периодичность проведения наблюдений и учётов определяются целью исследования и техническими возможностями. Для общей характеристики агрофизических свойств почвы исследования лучше проводить в период роста культурных растений, тогда как, например, для учёта засорённости почвы семенами сорных растений, учёта общего количества растительных остатков и агрохимической характеристики почвы целесообразнее пробы почвы брать весной и осенью.

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

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

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

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

Чтобы правильно ответить на вопрос об оптимальном числе проб, достаточном для характеристики делянки полевого опыта, необходимо иметь сведения о степени варьирования основных объектов наблюдения в местных условиях. В качестве ориентировки, опираясь на материалы кафедры земледелия и методики опытного дела ТСХА, можно указать, что с разных мест делянки площадью 100-200 м<sup>2</sup> необходимо

отбирать 8-12 проб (площадок). В опытах с площадью делянок меньше 100 м<sup>2</sup> число проб можно сократить до 6-8, а если площадь делянок больше 200 м<sup>2</sup>, число проб следует увеличить до 15-20.

Чтобы обеспечить представительность отбираемой выборки, необходимо тщательно продумать такие приёмы отбора проб, которые устраняли бы возможность появления систематических ошибок. Ошибки смещения, довольно характерные для многих агрономических исследований, устраняются, если наблюдатель, обеспечивая равную вероятность для всех объектов попасть в выборку, а не подбирает «типичные», по его представлениям, пробы. Достигается представительность выборки независимым от наблюдателя рандомизированным, случайным отбором единиц наблюдений в выборку.

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

## **1.6 Лекция № 6 (2 часа)**

**Тема:** «Основные элементы методики полевого опыта»

### **1.6.1 Вопросы лекции:**

1. Число вариантов. Повторность и повторение.
2. Площадь, направление и форма делянки.
3. Размещение вариантов в полевом опыте.

### **1.6.2 Краткое содержание вопросов**

#### **1. Число вариантов. Повторность и повторение.**

Глоссарий

*Опыт в агрономии – это искусственное создание различных условий для исследуемых растений с целью выявления наиболее эффективных вариантов(приёмов) повышения урожая и (или) его качества.*

*Вариант (приём) – различные условия, при которых выращивают растения в опытах. Вариантами могут быть отдельные агроприёмы, элементы технологий и даже разные технологии, набор сортов, различные почвы, склоны.*

*Пестрота плодородия почвы поля – неоднородность плодородия отдельных участков, вызванная особенностями рельефа, применяемыми технологиями земледелия, скоростью основных почвообразующих процессов и др. проявления проблемных агроэкологических ситуаций.*

Число вариантов

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

Число вариантов в схеме любого опыта – обычно заранее заданная величина, которая всецело определяется его содержанием и задачами. Число вариантов может колебаться в широких пределах (от 2 до 12 – 16 и более).

С увеличением числа вариантов увеличивается площадь под опытом, возрастает пестрота почвенного плодородия и расстояние между сравниваемыми вариантами. Все это

и ведет к увеличению ошибки опыта.

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

Если вариантов очень мало, например 2-3, то необходима более высокая повторность, чтобы иметь достаточное число наблюдений для правильной оценки ошибки опыта.

#### Повторность и повторение

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

*Повторностью опыта на территории* называют число одноименных деланок каждого варианта, а *повторностью опыта во времени* – число лет испытаний новых агротехнических приемов или сортов.

Повторность опыта на территории даёт возможность полнее охватить каждым вариантом опыта пестроту участка и получить более точные средние. При увеличении повторности заметно снижается ошибка опыта. Особенно сильно ошибка снижается при увеличении повторности до 6- кратной; дальнейшее повышение повторности сопровождается менее значительным уменьшением ошибки.

Результаты полевого эксперимента сильно зависят от метеорологических условий года. Поэтому в подавляющем большинстве случаев для получения надежных результатов наряду с повторностью на территории необходимо повторять полевые опыты во времени. Это не только повышает достоверность выводов, но и дает возможность получить очень ценную дополнительную информацию об эффективности изучаемых приемов в отдельные годы – сухие, нормальные, влажные. Исследования в севооборотах, наблюдения за изменением запасов гумуса в результате применения различных агротехнических приемов, разработка системы обработки почвы и другие исследования, требуют закладки стационарных многолетних опытов по тщательно разработанному плану. Такие опыты могут быть, осуществлены только в условиях стационарных опытов и должны быть направлены на разрешение наиболее важных и перспективных вопросов земледелия.

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

Полевые опыты обычно располагают на площади земельного участка методом организованных повторений. *Организованное повторение* – часть площади опытного участка, включающая полный набор вариантов схемы опыта. Повторение, взятое в отдельности, представляет в сущности как бы сокращенный в объеме опыт. Основой для введения этого метода послужило то, что в условиях полевого опыта различия в плодородии почвы внутри повторений обычно меньше, чем между повторениями.

Применяют два способа размещения организованных повторений: *сплошное*, когда все повторения объединены территориально, и *разбросанное*, когда повторения по одному или по несколько расположены в разных частях поля или даже в различных полях и опытный участок не имеет одной общей границы.

Обычно все повторения полевого опыта размещают на одном опытном участке, т.е. применяют сплошное расположение их в один, два, три или больше ярусов (рис. 1). Организованные повторения, кроме уточнения средних по вариантам, выполняют еще одну важную роль, а именно контролируют значительную часть территориальной изменчивости опытного участка и обеспечивают возможность уменьшения ошибки опыта в процессе математического анализа экспериментальных данных.

а

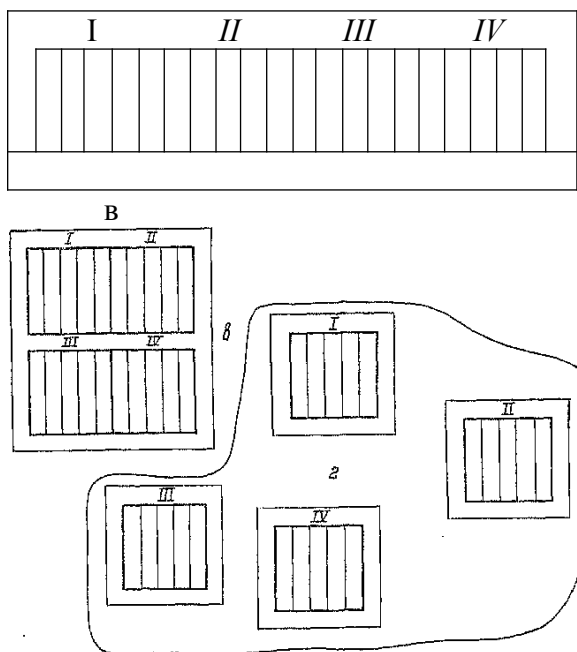


Рис.1 Способы размещения четырех повторений с пятью делянками: а, в – сплошное, г – разбросанное.

## 2. Площадь, направление и форма делянки

Площадь делянки. Полевой опыт ставят на делянках, имеющих определенный размер и форму. Делянки служат для размещения на них изучаемых и контрольных вариантов.

*Большое число дробных учетов рекогносцировочных посевов, проводившихся в разных странах, показало, что точность опыта повышается по мере увеличения размера делянки примерно до 100 м<sup>2</sup>, дальнейшее ее увеличение незначительно повышает, а за некоторым пределом даже снижает точность опыта.*

Дело в том, что с увеличением размера делянки возрастает общая площадь опыта, и он выходит за пределы выбранного для него однородного участка. Размер делянки в каждом конкретном случае будет меняться в зависимости от назначения и задачи опыта, культуры, степени и характера пестроты почвенного покрова, агротехники и от того, какими орудиями, машинами предполагается пользоваться, и возможна ли одновременная обработка всех делянок или их придется обрабатывать раздельно. *Поэтому предел, меньше которого не должна быть площадь делянки, определяется возможностью нормально проводить все агротехнические работы.*

*В практике опытного дела в нашей стране наиболее широко используются делянки размером 50-200, а на первоначальных этапах исследовательской работы 10-50 м<sup>2</sup>. Делянки меньше 10 м<sup>2</sup> обычно применяют в так называемых микрополевых опытах, например в селекции. При установлении размера делянки следует учитывать особенности агротехники растений: ширину междурядий, густоту стояния и т.п. Для пропашных культур минимальный размер делянки должен быть достаточным, чтобы исключить влияние изменчивости отдельных растений на точность опыта. В литературе указывается как минимум 80...100, для картофеля и кукурузы достаточно 40...60 учетных растений на делянке. Общее правило таково, что чем больше выращивается растений на единице площади, тем меньше может быть площадь делянки. Так, у пропашных достаточно хорошая точность опыта достигается при площади учетной делянки 50...100, у зерновых – 40...60 м<sup>2</sup>.*

Следует указать, что вопрос о размере делянки нельзя рассматривать изолированно от степени и характера почвенного покрова. На пестрых по плодородию участках увеличение размера делянок не является эффективным способом снижения ошибки опыта. В этих случаях необходимо использовать другие пути и, в частности, увеличивать число повторностей.

На основании многолетней практики отечественных и зарубежных опытных учреждений можно считать, что при прочих равных условиях *учетную площадь* делянки полевого опыта целесообразно устанавливать *в пределах 50 - 100 м<sup>2</sup>*. Отклонение в ту или иную сторону от указанных размеров определяется в, основном опытной культурой, техническими условиями и удобством проведения опыта, его задачами и агротехникой.

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

Если говорить о минимально допустимом размере делянок для опытов в условиях производства, то они не отличаются от тех, которые названы выше.

Когда приходится выбирать между крупными делянками, позволяющими механизировать все полевые работы в опыте, и делянками небольших размеров, требующих малогабаритной техники, а при ее отсутствии — применения ручного труда, то предпочтение следует отдавать первым. Это особенно справедливо при закладке опытов в колхозах и совхозах, где ручная уборка и обмолот часто могут привести к очень большим потерям урожая.

Направление делянки. Достоверность опыта во многом зависит от направления делянок, т. е. от ориентации их на опытном участке. Сравнение изучаемых вариантов будет правильным, если опытные делянки располагать длинной стороной в том же направлении, в каком сильнее всего изменяется плодородие почвы (например, вдоль, а не поперек склона). В этом случае все варианты будут поставлены в одинаковые условия сравнения и оценка их эффективности будет неискаженной. При любой другой ориентации делянок они в разной степени будут охватывать изменчивость плодородия земельного участка, что отрицательно скажется на точности опыта и затруднит объективную оценку его результатов (рис. 2).

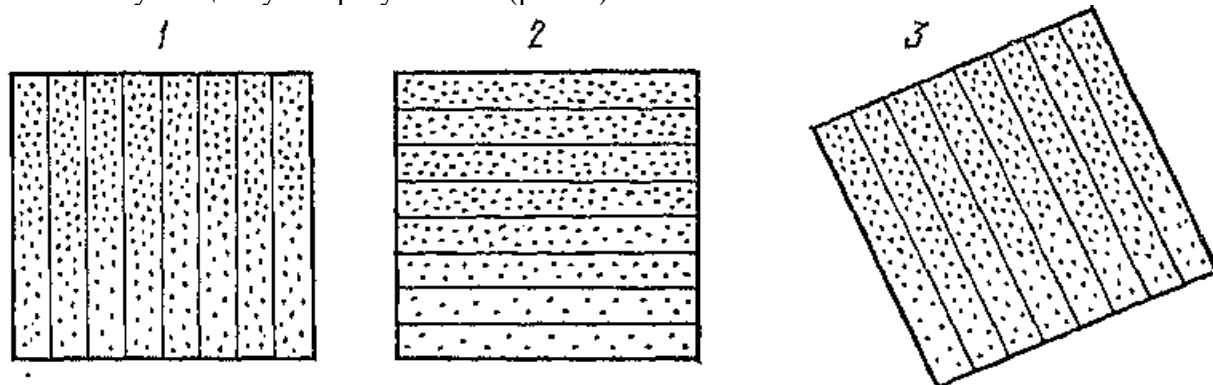


Рис 2. Правильное (1) и неправильное (2 и 3) направление делянок в опыте (густотой точек показано изменение плодородия почвы).

Форма делянки. Говоря о форме делянки, обычно имеют в виду отношение ее длины к ширине. Делянки называют квадратными при отношении сторон, равном 1 (10x10 м или 5x5 м); прямоугольными – при отношении длины к ширине больше 1, но меньше 10 (5x20 или 4x20 м); удлинёнными – при отношении более 10 (2,5x40 м или 4x60 м).

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

Эффект от удлинения наиболее сильно проявляется при отношении сторон в пределах

1:10 – 1:15. Дальнейшее удлинение, не дает существенных положительных результатов и бывает целесообразным лишь с точки зрения технологического удобства, например, в сортоиспытании, при постановке опытов со сроками, способами и нормами посева и др.

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

В большинстве стационарных полевых опытов с площадью делянок от 20 до 200 м<sup>2</sup> применяют делянки, у которых длина превосходит ширину в 5-10 раз; опыты на делянках большего размера обычно ставят при большем соотношении сторон, а именно длина превышает ширину обычно в 10-20 раз. Для удобства проведения работ (обработка почвы, посев, уход, уборка и т.п.) ширину делянки целесообразно устанавливать кратной ширине рабочих захватов сельскохозяйственных машин, особенно посевных и уборочных.

Эффект от более вытянутой формы делянок наиболее сильно проявляется при больших их размерах, в сложных схемах, когда расстояние между делянками квадратной формы может быть очень значительным. В опытах с небольшим числом вариантов (8 -10) и размером делянок около 100 м<sup>2</sup> достаточно высокая точность получается и при прямоугольных или квадратных делянках. Только при больших схемах опыта и величине делянки более 100-200 м<sup>2</sup> имеет смысл придавать ей удлиненную форму с соотношением длины к ширине больше 10.

Квадратная форма делянки предпочтительнее в опытах, где смежные варианты могут сильно влиять друг на друга. Например, при внесении ядохимикатов в виде растворов и дустов ветер может сносить их на соседние делянки. Поэтому необходимо выделять большие боковые защитные полосы, что ведет к нежелательному сокращению учетной площади делянок или увеличению общей площади опытного участка.

При изучении химических средств борьбы с болезнями и вредителями необходимо также иметь в виду, что из центра делянки квадратной формы вредителям и грибам труднее мигрировать на соседние варианты, так как путь их длиннее, чем из центра прямоугольной и вытянутой делянки.

Что касается формы опытного участка, то здесь, безусловно, следует отдать предпочтение форме, близкой к квадрату. В этом случае при любой системе расположения делянок расстояние между вариантами опыта бывает минимальное и сравнимость их между собой лучшая.

### 3. Размещение вариантов в полевом опыте

В агрономических исследованиях используется три основные группы методов размещения вариантов по делянкам опытного участка: стандартные, систематические и рандомизированные (случайные).

*Стандартные методы* характеризуются более частым, обычно через 1-2 опытных варианта, расположением контроля, стандарта. Стандартные методы основаны на том, что плодородие опытного участка изменяется постепенно, и между урожаями ближайших делянок наблюдается корреляционная связь. В стандартных методах каждый изучаемый вариант сравнивают со своим контролем, урожай которого вычисляют способом линейной интерполяции, находя промежуточные значения функции на основании предположения о постепенном изменении плодородия почвы земельного участка.

Практика применения и сравнительной оценки стандартных методов выявила их существенные недостатки. Во-первых, не всегда наблюдается тесная корреляционная зависимость между урожаями рядом расположенных делянок. Во-вторых, очень трудно сравнивать опытные варианты, далеко расположенные друг от друга, что бывает при большом числе (свыше 10-12) изучаемых вариантов. В-третьих, стандартные методы характеризуются большой громоздкостью и нерациональным использованием земельной площади, особенно при большом числе изучаемых вариантов. Стандартные методы

иногда используются селекционерами. Например, на первых ступенях отбора, когда из-за недостатка семян нельзя иметь делянку нужной величины и соответствующую повторность, применение стандартных методов вполне обоснованно.

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

Наиболее простым является последовательное расположение делянок в один ярус. Варианты на делянках всех повторений располагаются в той последовательности, которая заранее установлена исследователем на основании главным образом организационно-технических причин – удобства обработки почвы, внесения удобрений, посева, ухода, уборки и т.п. Если, например, в первом повторении для опыта из пяти вариантов намечен порядок 1, 2, 3, 4, 5, то этот же порядок сохраняется во всех остальных повторениях.

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

Первоначально в научной агрономии систематические методы размещения опытов занимали господствующее положение.

Важное достоинство этих методов – простота, а главный недостаток – возможные и часто непредвиденные искажения эффектов по вариантам, а также ненадежность в статистической оценке ошибки опыта. Поэтому систематические методы размещения во многих зарубежных странах используются лишь в предварительных исследованиях, а также в демонстрационных и других видах полевых опытов, когда статистическая оценка данных не является необходимой и важной. Подавляющее же большинство полевых опытов закладывают сейчас новыми методами, в основу которых положен принцип случайного, или рандомизированного, размещения вариантов.

Рандомизированный (случайный) метод – размещение вариантов внутри каждого повторения случайно по жребию, когда каждый вариант имеет равную вероятность, равный шанс попасть на любую делянку, тогда как при систематическом размещении такая возможность исключена.

*Рандомизированные методы размещения вариантов.* Рандомизированное размещение вариантов предложено Р.А. Фишером (Англия) на основании предпосылок разработанного им дисперсионного анализа. Такое размещение способствует лучшему охвату каждым вариантом пестроты плодородия почвы, как бы разрушает возможное систематическое изменение плодородия внутри повторения и исключает его одностороннее влияние на результаты опыта. В опытах, где варианты размещены систематически, мы, в сущности, лишаемся возможности опираться при оценке данных на достаточно надежный критерий существенности, используемый в дисперсионном анализе.

*Техника рандомизации.* Наиболее простой способ рандомизации заключается в следующем. Варианты нумеруют или обозначают буквами, и эти обозначения пишут на одинаковых карточках. Затем карточки тщательно перемешивают, после чего вынимают по одной. Варианты в повторении размещают на делянках в последовательности, определенной жребием, случаем. Для каждого повторения проводится своя рандомизация.

В настоящее время для рандомизации используется таблица случайных чисел, которая является техническим пособием при планировании случайной выборки в различных экспериментальных работах. Табулированные цифры в таблице сгруппированы по две.



Случайность расположения цифр, составленных из чисел 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, заключается в том, что нет никакого закона в их расположении. Вместе с тем каждое из этих чисел встречается на каждой странице приблизительно одинаковое число раз.

*Метод неорганизованных повторений (полная рандомизация).* Простейшим из современных методов размещения полевого опыта на территории является неограниченная, полная рандомизация сопутствующих условий, когда варианты по делянкам опытного участка распределяются совершенно случайно. Если, например, планируется заложить опыт с 3 вариантами четырехкратной повторности, то выделенный земельный участок разбивают на 12 делянок ( $3 \times 4 = 12$ ) и по таблице случайных чисел размещают варианты по делянкам так, чтобы каждый вариант занял по 4 делянки.

Метод неорганизованных повторений, т.е. неограниченная рандомизация условий эксперимента, в ряде случаев эффективен, например, при небольшом числе изучаемых вариантов (2 - 4), когда есть основания не ставить под контроль территориальное закономерное варьирование плодородия почвы. Такие условия часто встречаются при работе с многолетними плодовыми культурами, которые характеризуются сильной индивидуальной изменчивостью, а опытный участок достаточно однороден по плодородию и невелик по площади, и, следовательно, маловероятно увеличить точность опыта за счет вычленения варьирования организованных повторений.

*Метод рандомизированных повторений.* Это наиболее распространенный в мировой практике опытного дела метод размещения вариантов по делянкам полевого опыта. В каждом повторении варианты распределяются по делянкам в случайном порядке. Важно, чтобы внутри каждого повторения почва была по возможности более однородной, а форма повторения приближалась к квадрату. В этом случае при любом пространственном расположении делянок они будут лучше сравнимы между собой.

*Латинский квадрат и прямоугольник.* Размещение опытных делянок методом латинского квадрата позволяет в значительной степени устранить влияние систематического изменения плодородия почвы участка на результаты опыта по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Для этого земельный участок квадратной или прямоугольной формы разбивают в горизонтальном и вертикальном направлениях на столько рядов и столбцов, сколько вариантов в опыте. Любой ряд и любой столбец включают полный набор изучаемых вариантов, которые размещаются на делянках квадратной или прямоугольной формы. При удлиненной форме делянок латинский квадрат не имеет особых преимуществ перед методом рандомизированных повторений.

Расположение опыта латинским квадратом требует, чтобы число повторений обязательно было равно числу вариантов. Поэтому общее число делянок в опыте всегда будет равно квадрату числа вариантов схемы. При четырех вариантах в опыте будет  $4 \times 4 = 16$  делянок, при пяти  $5 \times 5 = 25$ , при шести  $6 \times 6 = 36$  делянок и т.д. На площади их размещают рядами и столбцам. В каждом ряду и столбце должен быть полный набор всех вариантов, и, следовательно, ни один из вариантов не повторяется дважды ни в строке, ни в столбце. Кроме этих двух ограничений, варианты размещаются внутри столбцов и рядов случайно, по таблице случайных чисел. Такое расположение позволяет охватить изменение плодородия почвы в двух взаимно перпендикулярных направлениях и математической обработкой устранить его влияние на результаты опыта, повысить точность эксперимента.

Недостаток латинского квадрата – требование равенства числа повторений числу вариантов. В связи с этим увеличение числа вариантов ведет к громоздким опытам и предусматривает большую повторность, чем обычно требуется. Поэтому в практике опытной работы наибольшее распространение получили квадраты  $5 \times 5$ ,  $6 \times 6$ ,  $7 \times 7$ . Нерационально закладывать квадраты с числом вариантов меньше четырех. В этом случае стандартная ошибка опирается на небольшое число наблюдений и становится неустойчивой базой для оценки существенности различий между вариантами.

*Метод расщепленных делянок.* Метод расщепленных (сложных) делянок используют

преимущественно для закладки многофакторных опытов, когда в отношении одного какого-либо фактора требуется получить точную информацию, а в отношении других факторов нет необходимости добиваться большой точности. Расщепленные делянки используют также в случаях, когда необходимо в стационарном опыте ввести дополнительную группу вариантов, сохранив все первоначальные варианты. Нередко постановка опыта методом расщепленных делянок диктуется техническими условиями проведения эксперимента. Например, при испытании доз удобрений, гербицидов и сортоиспытании на малых делянках можно объединить целые группы таких делянок и на укрупненных площадках испытать различные предшественники или виды обработки почвы, которые требуют более крупных делянок. Схема расщепленных делянок – это эксперимент, в котором делянки первого порядка (крупные делянки) делят, расщепляют в вертикальном или горизонтальном направлении на делянки второго порядка, а делянки второго порядка на более мелкие делянки третьего порядка.

*Смешивание.* Рассмотренный метод расщепленных делянок удобен при работе в поле, но он имеет один недостаток: в многовариантных опытах с большими размерами повторений начинают сильно проявляться неравноточность сравнения главных эффектов и взаимодействий. Эффекты вариантов, размещенных на субделянках, а также взаимодействия высших порядков оцениваются обычно более точно, чем главные эффекты вариантов, занимающих делянки первого порядка. Теория планирования эксперимента рекомендует в этих случаях использовать метод смешивания. Этот метод позволяет значительно повысить точность сравнения главных эффектов в многофакторных опытах с повышенным числом вариантов. Метод смешивания предусматривает выделение внутри повторений специально организованных блоков (неполных повторений), включающих определенный набор вариантов схемы. Сравнения внутри блоков более точны, чем между блоками, и поэтому варианты группируют в блоки так, чтобы внутриблоковые сравнения составляли наиболее существенную часть результатов опыта, а междублоковые сравнения – менее существенно.

### **1.7 Лекция № 7 (2 часа)**

**Тема:** «Размещение вариантов в полевом опыте»

#### **1.7.1 Вопросы лекции:**

1. Классификация методов размещения вариантов
2. Эффективность систематического и рандомизированного размещения вариантов

#### **1.7.2 Краткое содержание вопросов**

1. Классификация методов размещения вариантов

В агрономических исследованиях используется три основные группы методов размещения вариантов по делянкам опытного участка: стандартные, систематические и рандомизированные (случайные).

Стандартные методы характеризуются более частым, обычно через 1-2 опытных варианта, расположением контроля, стандарта.

Стандартные методы основаны на том, что плодородие опытного участка изменяется постепенно, и между урожаями ближайших делянок наблюдается корреляционная связь. В стандартных методах каждый изучаемый вариант сравнивают со своим контролем, урожай которого вычисляют способом линейной интерполяции, находя промежуточные значения функции на основании предположения о постепенном изменении плодородия почвы земельного участка.

Пример стандартного метода размещения пяти вариантов по делянкам

4-х повторений полевого опыта показан на следующем слайде.

Стандартные методы размещения полевого опыта иногда подкупают простотой.

Однако практика применения и сравнительной оценки стандартных методов выявила их существенные недостатки. Во-первых, не всегда наблюдается тесная корреляционная зависимость между урожаями рядом расположенных делянок. Во-вторых, очень трудно сравнивать опытные варианты, далеко расположенные друг от друга, что бывает при большом числе (свыше 10-12) изучаемых вариантов. В-третьих, стандартные методы характеризуются большой громоздкостью и нерациональным использованием земельной площади. А это к чему ведёт? При размещении стандарта через два опытных варианта около 40 %, а через один – более 50 % всей площади опыта занято стандартными делянками. Отмеченные недостатки не способствовали, широкому распространению стандартных методов в опытной работе.

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

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

Наиболее простым является последовательное расположение делянок в один ярус. Варианты на делянках всех повторений располагаются в той последовательности, которая заранее установлена исследователем на основании главным образом организационно-технических причин – удобства обработки почвы, внесения удобрений, посева, ухода, уборки и т.п. Если, например, в первом повторении для опыта из пяти вариантов намечен порядок 1, 2, 3, 4, 5, то этот же порядок сохраняется во всех остальных повторениях.

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

Первоначально в научной агрономии систематические методы размещения опытов занимали господствующее положение.

Важное достоинство этих методов – простота, а главный недостаток – возможные и часто непредвиденные искажения эффектов по вариантам, а также ненадёжность в статистической оценке ошибки опыта. Поэтому систематические методы размещения во многих зарубежных странах используются лишь в предварительных исследованиях. Подавляющее же большинство полевых опытов закладывают сейчас новыми методами, в основу которых положен принцип случайного, или рандомизированного, размещения вариантов.

## 2. Эффективность систематического и рандомизированного размещения вариантов

Качество информации, получаемой в опытах с систематическим и рандомизированным размещением вариантов, заслуживает пристального внимания широкого круга специалистов и имеет большое значение для повышения уровня экспериментальных работ.

Среди исследователей существуют расхождения в оценке систематических и рандомизированных методов. В.И. Перегудов считает рандомизацию обязательным

требованием: если экспериментатор дорожит объективностью, он должен применять случайное размещение вариантов. В отечественных руководствах по применению статистики в биологии, химии, технике (А. М. Длин, В. В. Налимов, Н. А. Плохинский, В. Г. Вольф и др.), а также в зарубежных работах по методике полевого опыта и статистическим методам оценки результатов исследований (Р. А. Фишер, Дж. У. Сиедекор, Дж. Уишарт и Г. Сандерс, Н. Бейли, Д. Дейк и др.) рандомизация рассматривается как основа построения современных схем эксперимента, способствующая получению объективной информации об изучаемом явлении.

Однако некоторые исследователи в области агрономии полагают, что требование случайной выборки и рандомизации вариантов в полевом опыте научно не обосновано, случайность в эксперименте они считают неуместной и даже вредной, а рандомизацию, по их мнению, вообще нельзя рекомендовать. В прошлом правильной оценке рандомизации длительное время препятствовало тенденциозное отношение к ней некоторых биологов, недостаточно знакомых с дисперсионным анализом и теорией но на современном этапе развития науки, когда рандомизированные способы получили солидное теоретическое обоснование, ничем, кроме инерции, нельзя объяснить стремление к закладке полевых опытов систематическими методами. Ещё менее понятна бездоказательная критика, когда рандомизацию пытаются дискредитировать указаниями, что это якобы «типично позитивистский приём, рассчитанный на то, чтобы отвлечь исследователя от отыскания причин высоких или низких урожаев» или «...при рандомизации мы сознательно подчиняем себя и результаты своих опытов жребии, игре случая».

Упрощённые представления о совершенстве и неизбежности методики полевого опыта, разработанной в конце XIX века, бытуют, к сожалению, и среди некоторого круга опытников, что сдерживает внедрение в практику исследований методов, основанных на принципах рандомизации. Не случайно в современных условиях так остро ставится вопрос о совершенствовании принципов управления наукой, планирования и методики экспериментальных работ, о повышении производительности и эффективности научно-исследовательской деятельности. Наука только тогда совершенствуется, когда поднимается на новую ступень развития, когда улучшается методика исследования.

Изучение большого числа дробных учетов урожая многих культур разных лет и на различных типах почв убеждает, что практически всегда при любом дробном учете есть участки, где наряду со случайным наблюдается более или менее выраженное закономерное варьирование урожайности по делянкам. В какой ситуации может оказаться экспериментатор, если он при планировании опыта не будет считаться с наличием закономерной изменчивости плодородия почвы опытного участка и разместит изучаемые варианты по делянкам каждого повторения в строго определённом порядке? Нетрудно предугадать, что единая во всех повторениях система расположения вариантов, например 1, 2, 3, 4, 5; 1, 2, 3, 4, 5 и т. д., приведет к искажению данных о средних урожаях по вариантам, систематическому завышению или занижению их показателей. Принимая принцип единственного различия за основу при постановке полевых опытов, экспериментатор, использующий систематические методы, уже в самом начале опыта нарушает его, размещая варианты в каком-то определённом порядке. Этим он ставит варианты в неравные условия, приносит в опыт дополнительный и весьма нежелательный элемент, а именно возможную ошибку смещения в оценке изучаемых эффектов.

Таким образом, планируя полевые опыты, требующие точных сравнений и статистической оценки, необходимо использовать современные методы размещения вариантов, основой которых является рандомизация. Игнорирование требования случайного отбора делянок для каждого варианта внутри повторений часто ведет к неверным выводам и дискредитирует идею выборочного метода исследования. Нарушая принцип рандомизации, экспериментатор должен помнить, что он лишается возможности полноценно статистически доказать существенность различий по вариантам, так как методы статистического анализа базируются на принципе случайного отбора.

## 1.8 Лекция № 8 (2 часа)

**Тема:** «Рандомизированные методы размещения вариантов»

### 1.8.1 Вопросы лекции:

1. Рандомизированный (случайный) метод. Техника рандомизации
2. Метод неорганизованных повторений (полная рандомизация)
3. Метод рандомизированных повторений
4. Латинский квадрат и метод расщепленных делянок

Техника рандомизации. Наиболее простой способ рандомизации заключается в следующем. Варианты нумеруют или обозначают буквами, и эти обозначения пишут на одинаковых карточках. Затем карточки тщательно перемешивают, после чего вынимают по одной. Варианты в повторении размещают на делянках в последовательности, определённой жребием, случаем. Для каждого повторения проводится своя рандомизация.

В настоящее время для рандомизации используется более современный способ, а именно таблица случайных чисел, которая является техническим пособием при планировании случайной выборки в различных экспериментальных работах. Табулированные цифры в таблице 6 сгруппированы по две. Случайность расположения цифр, составленных из чисел 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, заключается в том, что нет никакого закона в их расположении. Вместе с тем каждое из этих чисел встречается на каждой странице приблизительно одинаковое число раз с вероятностью 0,1.

Покажем на примере, как пользоваться таблицей случайных чисел для рандомизации вариантов. Планируется заложить опыт с шестью вариантами в четырёхкратной повторности. Обозначим варианты цифрами 1, 2, 3, 4, 5, 6 и по таблице определим порядок размещения вариантов – по делянкам каждого повторения. Для этого на любой странице таблицы случайных чисел наугад карандашом отметим начальный пункт отсчёта и просмотрим таблицу в произвольном направлении до тех пор, пока не получим указанного набора цифр. Предположим, мы отметили карандашом цифру 6 в первой строке десятого столбца. Двигаясь по этой колонке, например, вниз, получим рандомизированное размещение для первого повторения 6, 3, 5, 2, 1, 4. Номер варианта, который займёт последнюю делянку (у нас 4), проставляют автоматически, повторяющиеся цифры и цифры, превышающие 6, пропускают.

Для второго, третьего и четвертого повторений варианты рандомизируют аналогичным образом. Рекомендуются для каждого повторения менять начало отсчёта и направление движения по таблице случайных чисел (вниз, вверх, вправо, влево, по диагонали). В итоге получена, например, такая рандомизация вариантов по повторениям:

I повторение II повторение III повторение IV повторение: 635214 254613 125364 342165

Итак, на первой делянке первого повторения необходимо разместить вариант 6, на второй – вариант 3, на третьей – вариант 5 и т. д.

Метод неорганизованных повторений (полная рандомизация). Простейшим из современных методов размещения полевого опыта на территории является неограниченная, полная рандомизация сопутствующих условий, когда варианты по делянкам опытного участка распределяются совершенно случайно. Если, например, планируется заложить опыт с тремя вариантами четырёхкратной повторности, то выделенный земельный участок разбивают на 12 делянок ( $3 \times 4 = 12$ ) и по таблице случайных чисел размещают варианты по делянкам так, чтобы каждый вариант занял по 4 делянки.

Метод неорганизованных повторений, т.е. неограниченная рандомизация условий эксперимента, в ряде случаев эффективен, например, при небольшом числе изучаемых вариантов (2-4), когда есть основания не ставить под контроль территориальное закономерное варьирование плодородия почвы. Такие условия часто встречаются при работе с многолетними плодовыми культурами, которые характеризуются сильной

индивидуальной изменчивостью, а опытный участок достаточно однороден по плодородию и невелик по площади, и, следовательно, маловероятно увеличить точность опыта за счет вычленения варьирования организованных повторений.

Отсутствие контроля возможного закономерного варьирования плодородия почвы здесь компенсируется увеличением числа степеней свободы для ошибки. Увеличение числа степеней свободы для ошибки при закладке опытов с небольшим числом делянок важно для оценки существенности разности средних по критерию F.

По мере увеличения делянок в опыте расстояние между сравниваемыми вариантами возрастает, а в связи с увеличением расстояния возрастают различия и в плодородии почвы, что снижает эффективность метода неорганизованных повторений, и необходимо использовать метод организованных повторений.

Метод рандомизированных повторений. Это наиболее рас-пространённый в мировой практике опытного дела метод размещения вариантов по делянкам полевого опыта. В каждом- повторении варианты распределяются по делянкам в случайном- порядке. Важно, чтобы внутри каждого повторения почва была по возможности более однородной, а форма повторения приближалась к квадрату. В этом случае при любом пространственном расположении делянок они будут лучше сравнимы между собой.

В зависимости от технических условий проведения опыта повторения подразделяются на делянки удлиненной, прямоугольной или квадратной формы.

Делянки располагают в один, два или много рядов (ярусов). Чаще всего повторения располагают на поле компактно в один, два или больше ярусов. Однако, когда земельный участок недостаточно выравнен, повторения можно разбросать, рассеять по полю поодиночке или группами.

Число изучаемых вариантов в методе случайных повторений зависит от выравненности земельного участка и размера опытных делянок. Большинство исследователей указывают, что не следует иметь более 15-20 вариантов. Когда число вариантов превышает 8-10, целесообразно в каждом повторении иметь две или более делянок стандарта (контроля), что позволяет значительно повысить точность сравнения опытных вариантов со стандартом.

Иногда, например, в демонстрационных и учебных целях в одном повторении желательно расположить варианты в каком то определённом порядке, т.е. систематически. Это частичное отступление от строгой рандомизации может быть допустимо, ибо оно не является грубым нарушением, так как всегда имеется вероятность, особенно при небольшом числе вариантов, случайно получить в одном из повторений последовательное размещение вариантов.

Латинский квадрат. Размещение опытных делянок методом латинского квадрата позволяет в значительной степени элиминировать, устранить влияние систематического изменения плодородия почвы опытного участка на результаты опыта по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Для этого земельный участок квадратной или прямоугольной формы разбивают в горизонтальном и вертикальном направлениях на столько рядов и столбцов, сколько вариантов в опыте. Любой ряд и любой столбец включают полный набор изучаемых вариантов, которые размещаются на делянках квадратной или прямоугольной формы. При удлиненной форме делянок латинский квадрат не имеет особых преимуществ перед методом рандомизированных повторений.

Расположение опыта латинским квадратом требует, чтобы число повторений обязательно было равно числу вариантов. Поэтому общее число делянок в опыте всегда будет равно квадрату числа вариантов схемы. При четырёх вариантах в опыте будет  $4 \times 4 = 16$  делянок, при пяти  $5 \times 5 = 25$ , при шести  $6 \times 6 = 36$  делянок и т.д. На площади их размещают рядами и столбцами. В каждом ряду и столбце должен быть полный набор всех вариантов, и, следовательно, ни один из вариантов не повторяется дважды ни в строке, ни в столбце. Кроме этих двух ограничений, варианты размещаются внутри столбцов и рядов случайно, по таблице случайных чисел.

Например, для пяти вариантов, обозначенных цифрами 1, 2, 3, 4, 5, расположение их в рядах и столбцах может быть таким, как на слайде.

Здесь каждая строка и столбец содержат все варианты и ни в строке, ни в столбце одноименные варианты не повторяются дважды. Такое расположение позволяет охватить изменение плодородия почвы в двух взаимно перпендикулярных направлениях и математической обработкой устранить его влияние на результаты опыта, повысить точность эксперимента. Недостаток латинского квадрата — требование равенства числа повторений числу вариантов. В связи с этим увеличение числа вариантов ведет к громоздким опытам и предусматривает большую повторность, чем что обычно требуется. Поэтому в практике опытной работы наибольшее распространение получили квадраты 5 x 5, 6 x 6, 7 x 7. Нерационально закладывать квадраты с числом вариантов меньше четырех. В этом случае стандартная ошибка опирается на небольшое число наблюдений и становится неустойчивой базой для оценки существенности различий между вариантами.

Метод расщепленных делянок. Метод расщепленных (сложных) делянок используют преимущественно для закладки многофакторных опытов, когда в отношении одного какого-либо фактора требуется получить точную информацию, а в отношении других факторов нет необходимости добиваться большой точности.

Расщепленные делянки используют также в случаях, когда необходимо в стационарном опыте ввести дополнительную группу вариантов, сохранив все первоначальные варианты. Нередко постановка опыта методом расщепленных делянок диктуется техническими условиями проведения эксперимента. Например, при испытании доз удобрений, гербицидов и сортоиспытании на малых делянках можно объединить целые группы таких делянок и на укрупненных площадках испытать различные предшественники или виды обработки почвы, которые требуют более крупных делянок. Опыты, поставленные таким образом, называют опытами с расщепленными делянками. Схема расщепленных делянок — это эксперимент, в котором делянки одного опыта используются как блоки для другого. Делянки первого порядка (крупные делянки) делят, расщепляют в вертикальном или горизонтальном направлении на делянки второго порядка, а делянки второго порядка на более мелкие делянки третьего порядка (рис. 19).

Смешивание. Рассмотренный метод расщепленных делянок удобен при работе в поле, но он имеет один недостаток: в многовариантных опытах с большими размерами повторений начинают сильно проявляться неравноточность сравнения главных эффектов и взаимодействий. Эффекты вариантов, размещенных на субделянках, а также взаимодействия высших порядков оцениваются обычно более точно, чем главные эффекты вариантов, занимающих делянки первого порядка. Теория планирования эксперимента рекомендует в этих случаях использовать метод смешивания. Этот метод позволяет значительно повысить точность сравнения главных эффектов в многофакторных опытах с повышенным числом вариантов.

Метод смешивания предусматривает выделение внутри повторений специально организованных блоков (неполных повторений), включающих определённый набор вариантов схемы. Сравнения внутри блоков более точны, чем между блоками, и поэтому варианты группируют в блоки так, чтобы внутриблоковые сравнения составляли наиболее существенную часть результатов опыта, а междублоковые сравнения — менее существенную.

*Таким образом, смешиванием называется 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 факторами. Взаимодействия высшего порядка при таком размещении опыта отождествляются, смешиваются с междублоковыми различиями, и, следовательно, экспериментатор жертвует сведениями о таких взаимодействиях.*

## 1.9 Лекция № 9 (2 часа)

**Тема:** «Математическая статистика и ее задачи»

### 1.9.1 Вопросы лекции:

1. Задачи математической статистики.
2. Совокупность и выборка.
3. Количественная и качественная изменчивость.

### 1.9.2 Краткое содержание вопросов

#### 1. Задачи математической статистики.

Математическая статистика – это один из разделов математики. Она позволяет делать умозаключения обо всей (генеральной) совокупности на основе наблюдений над выборочной совокупностью, или выборкой. Все статистические методы основаны на теории вероятностей – науке, изучающей общие закономерности в массовых случайных явлениях различной природы. Теория вероятности применяется везде, где приходится иметь дело с планированием экспериментов и обследований, с оценкой параметров и проверкой гипотез, с принятием решений при изучении сложных систем. Слово «случайный» употребляется здесь для обозначения явления, исход которого в настоящий момент нельзя точно предсказать. Так, результаты опытов всегда подвержены тем или иным посторонним влияниям, помимо изучаемых. В результате любой опыт содержит некоторый элемент случайности, который измеряется величиной ошибки.

При проведении опыта экспериментатор обычно, встречается с тремя видами ошибок – случайными, систематическими и грубыми. Ошибка – это расхождение между результатами выборочного наблюдения и истинным значением измеряемой величины. Оценка истинного значения результативного признака, например урожая, по полученным в полевом опыте данным является одной из основных задач математической статистики. Чтобы правильно решить эту задачу, необходимо знать основные свойства ошибок и причины их возникновения.

*Случайные ошибки – это ошибки, возникающие под воздействием очень большого числа факторов, эффекты, действия которых столь незначительны, что их нельзя выделить и учесть в отдельности.* Любой полевой опыт содержит в себе некоторый элемент случайности, т.е. изменчивость получаемых данных обусловлена в какой-то степени неизвестными нам причинами – случайными ошибками.

Случайное варьирование опытных данных – постоянный спутник полевых опытов, и ни в одном из них, как бы тщательно он ни проводился, нельзя получить абсолютно точные данные. Таким образом, случайные ошибки являются неизбежными, однако математическая статистика дает методы количественного определения величины случайных ошибок, совокупность которых при большом числе наблюдений подчиняется закону нормального распределения, а при ограниченном числе параллельных наблюдений – закону распределения Стьюдента. На основании этих законов распределения случайных ошибок устанавливается, насколько существенны разности между средними показателями, например урожаями по вариантам.

Характерная особенность случайных ошибок – их тенденция взаимно погашаться в результате приблизительно одинаковой вероятности как положительных, так и отрицательных значений, причем малые значения встречаются чаще, чем большие. Благодаря такой тенденции к взаимному погашению разнонаправленных случайных ошибок при обобщении данных и выведении средних показателей погрешности уменьшаются по мере увеличения числа наблюдений.

*Систематические ошибки искажают измеряемую величину в сторону преувеличения или преуменьшения в результате действия вполне определенной постоянной причины.* В полевом опыте такой причиной часто является закономерное варьирование не изучаемых



факторов, например плодородия почвы, и элиминировать их действие на результативный признак можно путем правильной методики.

Основную особенность систематических ошибок составляет их однонаправленность, т. е. они завышают или занижают результаты опыта. Это приводит к тому, что такие ошибки в отличие от случайных не имеют свойства взаимопогашения и, следовательно, целиком входят как в показания отдельных наблюдений, так и в средние показатели.

*Грубые ошибки, или промахи, возникают чаще всего в результате нарушения основных требований к полевому опыту, недосмотра или небрежного и неумелого выполнения работ.* Например, исполнитель опыта по небрежности дважды внес удобрение на одну и ту же делянку, перепутал делянки при взвешивании урожая, неправильно записал его массу и т.д. Подобные ошибки, ни при каких условиях не могут быть «погашены», компенсированы, и остается только забраковать испорченные делянки, повторения или весь опыт. Избежать грубых ошибок можно продуманной, тщательной организацией и проведением полевого опыта.

Для математической обработки и обоснованных выводов можно использовать лишь те результаты полевых опытов, которые не содержат грубых и систематических односторонних ошибок. Неустранимость же случайных ошибок из данных полевого опыта и возможность их количественной оценки ведут к тому, что все выводы по результатам эксперимента имеют вероятностный характер.

Знание современных методов статистической обработки необходимо не только для количественной характеристики наблюдений и полученных в опыте данных, когда уже нельзя ничего исправить, но и на всех этапах эксперимента – от планирования до интерпретации окончательных результатов. Отсутствием статистически обоснованных исследований можно объяснить в большинстве случаев периодическое появление «модных» агротехнических приемов, препаратов и способов быстрого повышения урожайности сельскохозяйственных культур, которые при широком применении не оправдывают возлагавшихся на них надежд.

Нельзя, однако, преувеличивать ценность статистических методов и превращать их использование в самоцель. Сами по себе методы математической статистики, если они не сочетаются с предварительным квалифицированным анализом агрономической сущности изучаемого явления и правильной постановкой опытов, не могут ничего добавить к умению экспериментатора. Никакая статистическая обработка материалов не может заставить плохой опыт дать хорошие результаты. Главная обязанность экспериментатора – постановка добротных, целенаправленных опытов, а математическая статистика помогает агрономическому исследованию в выборе оптимальных условий для проведения опыта, дает объективную, количественную оценку экспериментальным данным.

## 2. Совокупность и выборка.

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

Варьирующими признаками у растений являются, например, их высота, количество и масса зерен в колосе, содержание протеина и др. Варьирование возникает вследствие того, что растения одного и того же сорта всегда отличаются своей наследственностью, кроме

того, формирование их часто протекает в относительно различных условиях внешней среды. В полевых и вегетационных опытах даже при самой тщательной работе урожаи на параллельных делянках или в сосудах всегда получаются разные. Это колебание, изменчивость, вариация – результат влияния различного сочетания внешних условий, не всегда поддающихся учету, и определяемое часто как следствие случайных причин, вызывающих различия в изучаемых признаках. Следовательно, при любом исследовании данные опытов будут всегда варьировать в тех или иных пределах.

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

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

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

Аналогично поступают и при постановке полевых опытов, когда редко имеют более 6 - 8 одноименных (повторных) делянок и по их урожаям или другим определениям, т.е. по этой малой выборке из общей площади опытного участка, пытаются получить достоверные выводы относительно всего опытного, участка, относительно большего числа возможных результатов. Здесь в скрытом виде имеется практически бесконечная статистическая группа, генеральная совокупность, которая на основании данных малой выборки должна быть охарактеризована, возможно, более простыми статистическими показателями.

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

### 3. Количественная и качественная изменчивость

Различают два типа изменчивости: количественную, которая может быть измерена, и качественную, которая не поддается измерению.

Под количественной изменчивостью понимают такую, в которой различия между вариантами выражаются количеством, например массой, высотой, урожаем, числом зерен и т.д. Различают два вида количественной изменчивости: прерывистую, или дискретную, и непрерывную. В первом случае различия между вариантами выражаются целыми числами, между которыми нет, и не может быть переходов, например число растений на квадратном метре, число зерен в колосе и др. Во втором случае значения вариантов выражаются мерами объема, длины, массы и т.д., между которыми мыслимы любые переходы с неограниченным числом возможных значений; все зависит от степени точности, принимаемой для характеристики данного кол. признака.

Качественной изменчивостью называется такое варьирование, когда различия между вариантами выражаются качественными показателями, которые одни варианты имеют, а другие нет (цвет, вкус, форма изучаемого объекта и др.). Если признак принимает только два взаимоисключающих друг друга значения (больной – здоровый, остистый – безостый и пр.), то изменчивость называется альтернативной, т.е. двояко возможной.

## 1.10 Лекция № 10 (2 часа)

**Тема:** «Эмпирические и теоретические распределения»

### 1.10.1 Вопросы лекции:

1. Распределение частот и его графическое изображение.
2. Статистические характеристики изменчивости.
3. Теоретические распределения.

### 1.10.2 Краткое содержание вопросов

1. Распределение частот и его графическое изображение.

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

Допустим, что в результате измерения общей длины 100 растений льна были получены следующие данные (см):

90	109	99	100	115	68	70	72	73	70
76	82	80	68	69	74	72	69	80	79
79	84	84	108	83	84	99	98	102	101
45	59	60	63	78	87	94	91	88	90
72	68	80	81	84	77	79	81	84	76
70	67	100	103	69	72	74	66	67	72
79	78	83	92	93	81	82	86	89	93
77	76	88	89	94	82	80	81	77	80
92	91	76	79	73	84	79	84	79	84
89	85	93	90	79	83	91	87	89	94

В таком виде ряд измерений объёмом  $n = 100$  мало приспособлен, чтобы характеризовать растения льна по высоте. Поэтому необходимо сгруппировать значения  $X_1, X_2, \dots, X_n$  в  $k$  групп с интервалом каждой группы  $L$ . Ориентировочно число групп равно корню квадратному из объёма выборки, которое, однако, не должно быть меньше 5 и больше 20. Величину интервала групп определяют по соотношению:

$$L = \frac{R}{k}$$

Для нашего примера целесообразно взять 7 групп. В этом случае величина интервала будет равна целому числу:

$$L = \frac{R}{k}$$

При выборе границ групп следует обращать внимание на то, чтобы верхняя граница группы была меньше, чем нижняя граница прилегающей соседней группы на цену деления, т. е. единицу измерения, в нашем примере на 1 см. Группируют в такой последовательности:

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

$$R = X_{\text{макс}} - X_{\text{мин}}$$

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

3. Подготавливают макет таблицы сгруппированного распределения частот результатов измерений (табл. 1). В первой колонке (подлежащее) записывают интервал группировки (группы), а во второй (сказуемое) — число результатов измерений, входящих в данный интервал, т. е. частоту  $f$ .

Таблица 1 Сгруппированное распределение частот по данным измерения длины растений льна

Группы (интервал группировки)	Частота $f$	Средние значения групп (групповые варианты)
45-54	1	50
55-64	3	60
65-74	21	70
75-84	40	80
85-94	23	90
95-104	9	100
105-115	3	110

4. Подсчитывается число данных, соответствующих по своему значению каждому интервалу группировки, и результаты записываются в соответствующие графы таблицы. Указанный в таблице ряд пар чисел составляет эмпирическое распределение частот — распределение частот  $f$  по значениям  $X$ . Сумма частот равна объему совокупности  $\sum f = \sim n = 100$ . Визуальное представление о распределении частот будет более наглядным при графическом изображении данных. кривой распределения ил и вариационной кривой. Этот способ очень удобен, он позволяет сразу охватить важнейшие черты, закономерности распределения наблюдений. Графическое изображение вариационного ряда называется кривой распределения ил и вариационной кривой.

Для построения кривой распределения на горизонтальной линии (ось абсцисс) наносят значения интервала группировки, а по вертикали (ось ординат) — численности этих значений или частоту  $f$ . Масштаб в обоих направлениях следует выбирать такой, чтобы весь график имел удобную и легко обозримую форму.

Ступенчатый график в виде  $f$  столбиков, имеющих высоту, пропорциональную частотам, а ширину, равную интервалам классов, называется гистограммой, из которой легко получить полигон — кривую распределения, соединив линией средние значения групп (рис. 1). Для выбора соотношения между масштабами на осях абсцисс и ординат при построении графика целесообразно руководствоваться правилом «золотого сечения», согласно которому высота графика должна относиться к его ширине примерно- как 5:8.

Беглый взгляд на рисунок убеждает, что характер распределения высоты растений льна имеет некоторые общие закономерности: случайные величины группируются вокруг центра распределения, при удалении от которого вправо или влево частоты их непрерывно убывают.

*Тенденция значений признака группироваться вокруг центра распределения частот, статистической характеристикой которого является средняя арифметическая, х называется центральной тенденцией.*

Наряду со средней арифметической важной статистической характеристикой эмпирических распределений является стандартное отклонение  $s$  — мера разброса отдельных наблюдений вокруг среднего значения признака. Квадрат стандартного отклонения  $s^2$  называется дисперсией, или средним квадратом.

Стандартное отклонение и дисперсия являются наиболее употребительными и стабильными характеристиками рассеяния варьирующих признаков: чем больше дисперсия или стандартное отклонение, тем более рассеяны около средней индивидуальные значения признака, т. е. больше изменчивость; с уменьшением этих величин изменчивость уменьшается.

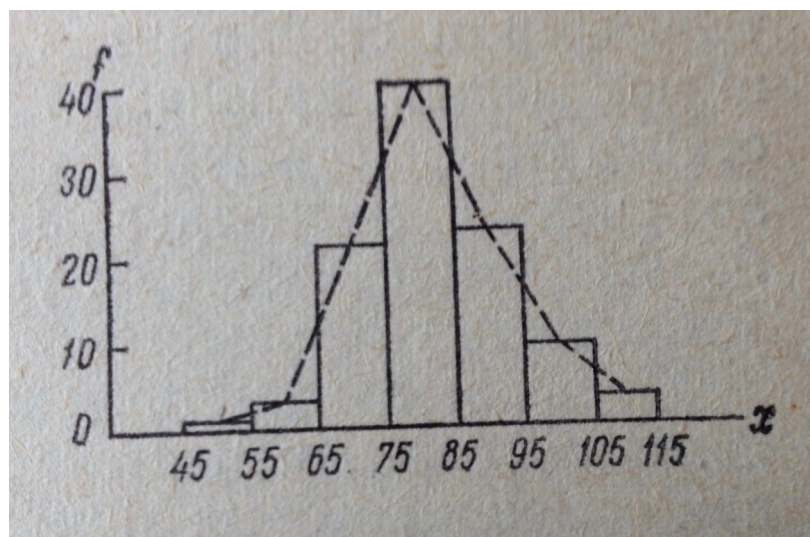


Рис. 1. Гистограмма и кривая распределения 100 растений льна по высоте.

Средняя арифметическая и стандартное отклонение являются основными статистическими характеристиками, при помощи которых задается эмпирическое распределение частот. Этих двух простых характеристик достаточно, чтобы на основе знания закономерностей теоретических распределений построить эмпирическое распределение и воспроизвести определенную закономерность в этом распределении. Таким образом, главная ценность статистических характеристик – возможность при помощи немногих и простых показателей выразить существенные особенности эмпирических распределений.

## 2. Статистические характеристики изменчивости

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

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

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

Основное свойство средней арифметической заключается в равенстве суммы всех положительных и всех отрицательных отклонений от нее, т. е. сумма центральных отклонений всех отдельных вариантов от  $\bar{x}$  равна нулю  $\sum (X-\bar{x}) = (X_1-\bar{x}) + (X_2-\bar{x}) + \dots + (X_n-\bar{x}) = 0$ . Если  $\sum (X-\bar{x})$  оказалась неравной нулю, значит, допущена ошибка в вычислениях.

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

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

Коэффициент вариации  $V$  — стандартное отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической данной совокупности:  $V = s/\bar{x} \cdot 100\%$

## 3. Теоретические распределения

Случайные ошибки являются неизбежными, однако математическая статистика дает

методы количественного определения величины случайных ошибок, совокупность которых при большом числе наблюдений подчиняется закону нормального распределения, а при ограниченном числе параллельных наблюдений – закону распределения Стьюдента. На основании этих законов распределения случайных ошибок устанавливается, насколько существенны разности между средними показателями, например урожаями по вариантам.

Различают эмпирические и теоретические распределения частот совокупности результатов наблюдений. *Эмпирическое распределение* – распределение результатов измерений, полученных при изучении выборки, например распределение растений по высоте и массе, распределение делянок дробного учета по урожаю и т. д. В основе его лежат определенные математические закономерности, которые в генеральной совокупности, т.е. при очень большом числе наблюдений, характеризуются некоторыми теоретическими распределениями.

На основе теоретических распределений построены статистические критерии, которые используются для проверки некоторых гипотез. Наиболее часто в исследовательской работе опираются на нормальное распределение.

*Нормальное распределение.* Нормальным, или гауссовым, называют распределение вероятностей непрерывной случайной величины  $X$ , которое описывается функцией.

Функция нормального распределения имеет вид колокола. На рисунке 2 показано нормализованное нормальное распределение.

Положение и форма кривой нормального распределения полностью определяются двумя параметрами: генеральной средней  $m$  (0 – на рисунке), которая находится в центре распределения, и стандартным отклонением  $b$ , которое измеряет вариацию отдельных наблюдений около средней. Максимум, или центр, нормального распределения лежит в точке  $X = m$ .

По форме кривые нормального распределения могут быть различными. Вид кривой полностью соответствует степени варьирования изучаемого признака, т.е. величине стандартного отклонения  $b$ . Чем оно больше и, следовательно, больше варьирует изучаемый материал, тем более пологой становится вариационная кривая, при малых значениях  $a$  она приобретает иглообразную форму.

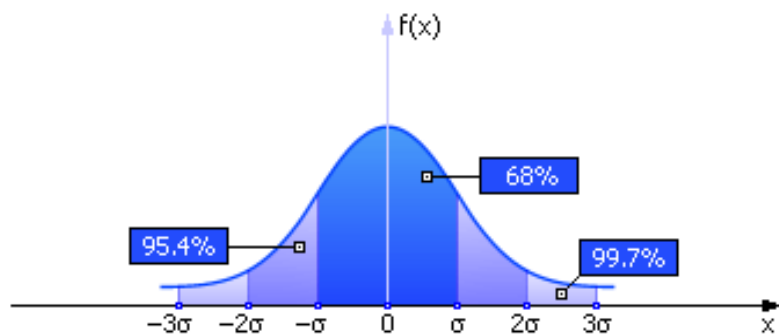


Рис. 2. Процент наблюдений (площадь), ограниченный кривой нормального распределения, для различных значений  $X$ .

Для нормального распределения характерны следующие закономерности:

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

Площадь под кривой, выраженную в процентах всей площади, называют статистической надежностью, или уровнем вероятности  $P$ , т.е. вероятностью появления значения признака, лежащего в области. Вероятность того, что значение варьирующего

признака находится вне указанных пределов, называется уровнем значимости  $P_1$ . Он указывает вероятность отклонения от установленных пределов варьирования случайной величины  $P_1 = 1 - P$ . Следовательно, чем больше уровень вероятности, тем меньше уровень значимости, и наоборот. В практике агрономических исследований считается возможным пользоваться вероятностями 0,95 – 95 % и 0,99 – 99 %, которым соответствует 0,05 – 5 %-ный и 0,01 – 1 %-ный уровни значимости. Эти вероятности получили название доверительных вероятностей, т.е. таких значений, которым можно доверять и уверенно пользоваться ими. Принимая вероятность 0,95 = 95%, риск сделать ошибку равен 0,05 = 5 %, или 1 на 20. При вероятности 0,99 – 99 % риск ошибиться, равен 0,01 – 1%, или 1 на 100. Результаты различных наблюдений, полевых и вегетационных опытов чаще всего располагаются приблизительно в соответствии с симметричной кривой нормального распределения, когда частоты вариантов, равно отстоящих от средней, равны между собой, т.е. симметричны. Но нередко некоторые признаки дают распределения, значительно отличающиеся от нормального, *асимметричные*, или *скошенные*.

Причинами асимметричных распределений могут быть следующие.

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

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

Нормальное распределение – наиболее часто встречающийся в практике экспериментальной работы закон распределения случайной величины, т.е. величины, значение которой нельзя точно предсказать. Главная его особенность заключается в том, что он является предельным законом, к которому приближаются другие законы распределения. Рассмотрим опыт «Доска Гальтона» из физики (рис. 3). Доска разделена на секции; в верхней части доски находятся особым образом расположенные стержни, ударяясь о которые, множество падающих сверху под влиянием силы тяжести шариков, испытывая соударения также и между собой, меняют свою траекторию полёта. В результате в различные секции попадает различное количество шариков. Если дожидаться окончания опыта, то в каждой секции будет определённое количество шариков, конечно, каждый раз разное, так как процесс их столкновения случайный.

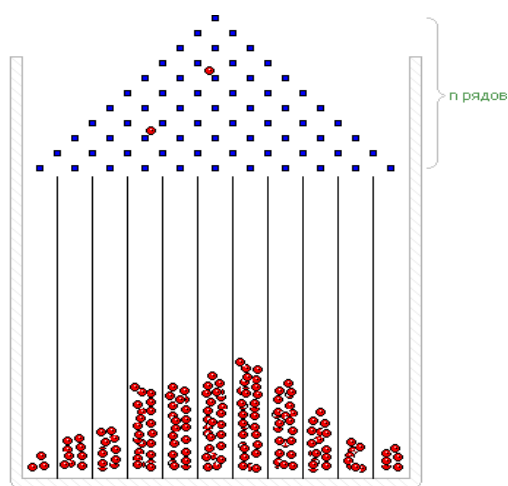


Рис. 3. Доска Гальтона. Шарик, падающий сверху в сосуд, случайно распределяется в нем в согласии с нормальным законом распределения

Но интересно то, что распределение шариков по секциям будет образовывать нормальный закон распределения. Вроде бы доска не меняется, шарик падает один и тот же, и, тем не менее, во-первых, форма распределения слегка колеблется (случайность), и разные шарик попадают в разные секции, во-вторых, на макроуровне, где проявляется

организация шариков как совокупности, всегда получается нормальный закон распределения (закономерность).

*t – распределение Стьюдента.* Закон нормального распределения проявляется при  $n > 20 - 30$ . Однако экспериментатор часто проводит ограниченное число измерений, основывает свои выводы на малых выборках. При небольшом числе наблюдений результаты обычно близки и редко появляются большие отклонения. Это легко объяснить законом нормального распределения, согласно которому вероятность появления малых отклонений больше, чем отклонений значительных. Так, вероятность отклонений, превышающих по абсолютной величине  $\pm 2s$ , равна 0,05, или один случай на 20 измерений, а отклонений  $\pm 3s - 0,01$ , или один случай на 100.

Если же полевой опыт проводят, например, в 4 – 6 повторностях, то естественно ожидать, что среди показаний урожаев на параллельных делянках очень больших отклонений не будет. Поэтому стандартное отклонение  $s$ , подсчитанное по малой выборке, в большинстве случаев будет меньше, чем по всей генеральной совокупности  $A$ . Следовательно, в этих случаях полагаться на критерии нормального распределения в своих выводах нельзя.

С начала XX в. в математической статистике стало разрабатываться новое направление, которое можно назвать статистикой малых выборок. Наибольшее практическое значение для экспериментальной работы имело открытое в 1908 г. английским статистиком и химиком В. Госсетом  $t$ -распределение, получившее название распределения Стьюдента (англ. Стьюдент – студент, псевдоним В. Гоосета).

Распределение критерия  $t$  Стьюдента представлено в таблице 1 приложений. Распределение Стьюдента имеет важное значение при работе с малыми выборками: позволяет определить доверительный интервал, накрывающий среднюю совокупности  $\bar{r}$ , и проверить ту или иную гипотезу относительно генеральной совокупности. При этом нет необходимости знать параметры совокупности и  $s$ , достаточно иметь их оценки  $\bar{x}$  и  $s$  для определенного объема выборки  $n$ .

Распределение Стьюдента имеет важное значение при работе с малыми выборками: позволяет определить доверительный интервал, накрывающий среднюю совокупности  $\bar{m}$ , и проверить ту или иную гипотезу относительно генеральной совокупности

*Распределение Фишера.* Если из нормально распределённой совокупности взять две независимые выборки объёмом  $n_1$  и  $n_2$  и подсчитать дисперсии  $S^2_1$  и  $S^2_2$ , то можно определить отношение дисперсий:

$$F = S^2_1 / S^2_2$$

Отношение дисперсий берут таким, чтобы в числителе была большая дисперсия, и поэтому  $F > 1$ .

Распределение  $F$  зависит только от числа степеней свободы  $\nu_1$  и  $\nu_2$  (закон  $F$  – распределения открыл Р. А. Фишер).

Когда две сравниваемые выборки являются случайными независимыми из общей совокупности с генеральной средней  $M$ , то фактическое значение  $F$  не выйдет за определённые пределы и не превысит критическое для данных  $\nu_1$  и  $\nu_2$  теоретическое значение критерия  $F$  ( $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$ ). Если генеральные параметры сравниваемых групп различны, то  $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$ . Теоретические значения  $F$  для 5%-ного и 1%-ного уровня значимости даны в таблице 2-3 приложений, где табулированы только правые критические точки для  $F > 1$ , так как всегда принято находить отношение большей дисперсии к меньшей.

## 1.11 Лекция № 11 (2 часа)

**Тема:** «Статистические методы проверки гипотез»

### 1.11.1 Вопросы лекции:

#### 1. Нулевая гипотеза.



2. Точечная и интервальная оценка параметров распределения.
3. Проверка гипотезы о принадлежности «сомнительной» варианты к совокупности.

### 1.11.2 Краткое содержание вопросов

#### 1. Нулевая гипотеза

Вопрос о статистической проверке гипотез – один из основных при применении математической статистики в научных исследованиях. Критерии проверки гипотез – надёжная основа принятия тех или иных решений при некоторой неопределённости, обусловленной случайной вариацией изучаемых явлений. Они применяются всегда, когда необходимо использовать выборочное наблюдение для суждения о законе распределения совокупности, для решения вопроса о существенности разности между выборочными средними. Практически проверка гипотез часто сводится к сравнению статистических характеристик, оценивающих параметры законов распределения, т.е. к проверке определённых статистических гипотез. Вообще статистической гипотезой называют научное предположение о тех или иных статистических законах распределения рассматриваемых случайных величин, которое может быть проверено на основе выборки. В большинстве случаев задача сводится к проверке гипотезы об отсутствии реального различия между фактическими и теоретически ожидаемыми наблюдениями. Эту гипотезу называют нулевой гипотезой и обозначают символом  $H_0$ . Если в результате проверки  $H_0$  различия между фактическими и гипотетическими показателями близки к нулю или находятся в области допустимых значений, то нулевая гипотеза не опровергается, а если различия оказываются в критической для данного статистического критерия области, которые при нашей гипотезе невозможны, а потому несовместимы с ней,  $H_0$  опровергается. Принятие нулевой гипотезы означает, что данные наблюдений не противоречат предположению об отсутствии различий между фактическими и гипотетическими (теоретическими) или между двумя рядами фактических распределений, но не доказывают отсутствия такого различия. Отбрасывание гипотезы означает, что эмпирические данные несовместимы с  $H_0$ , а верна другая, альтернативная гипотеза.

Справедливость нулевой гипотезы проверяется вычислением статистических критериев проверки для определённого уровня значимости. Уровень значимости определяется конкретными задачами исследования; он характеризует, в какой мере мы рискуем ошибиться, отвергая нулевую гипотезу. Чем меньше уровень значимости, тем меньше вероятность отвергнуть  $H_0$ , когда она верна, или, как говорят, совершить ошибку I рода, но тем больше вероятность совершить ошибку II рода, когда не отвергают  $H_0$ , в действительности неверную. Уровень значимости не измеряет степень риска, связанный с принятием неверной гипотезы (ошибка II рода), он контролирует лишь ошибку I рода.

Для проверки статистической гипотезы  $H_0$  используют критерии двух видов: параметрические и непараметрические. Параметрическими называют критерии, которые основаны на предположении, что распределение признака в совокупности подчиняется некоторому известному закону, например закону нормального распределения. К таким критериям относятся, в частности, критерии  $t$  и  $F$ , применение которых требует вычисления оценок параметров распределения. Непараметрическими называют критерии, использование которых не требует предварительного вычисления оценок неизвестных параметров распределения и даже приближенного значения закона распределения признака. Они могут применяться и тогда, когда распределение сильно отклоняется от нормального. С другой стороны, непараметрические критерии менее эффективны по сравнению с параметрическими, и поэтому их целесообразно использовать только в предварительных исследованиях.

Пример. В условиях эксперимента возникает необходимость сравнения выборок из разных генеральных совокупностей. Предположим, что в опыте изучаются два варианта – вспашка и безотвальное рыхление. Ставится задача установить, как влияют способы

основной обработки почвы на засорённость посевов яровой пшеницы. Для этого на нескольких площадках по 0,25 м<sup>2</sup> подсчитывается количество сорняков и определяем выборочные средние  $\bar{x}_1$  и  $\bar{x}_2$  и по их разнице судим о различиях между вариантами. Но полагаться на эту разницу между выборочными средними мы не можем. Сначала необходимо доказать существенность этих различий, т.е. обусловленность их действием изучаемого фактора, а не влиянием случайных ошибок. Это делается выдвижением нулевой гипотезы  $H_0$ : допустим, что результаты обоих сравниваемых наблюдений представляют собой выборки из одной и той же генеральной совокупности и поэтому между выборочными средними арифметическими нет существенных различий.

## 2. Точечная и интервальные оценки параметров распределения

Статистические характеристики выборочной совокупности являются приближенными оценками неизвестных параметров генеральной совокупности. Оценка может быть представлена одним числом, точкой (точечная оценка) или некоторым интервалом (интервальная оценка), в котором с определённой вероятностью может находиться искомый параметр. Так, выборочная средняя является несмещённой и наиболее эффективной точечной оценкой генеральной средней  $\mu$ , а выборочная дисперсия  $s^2$  – несмещённой точечной оценкой генеральной дисперсии  $\sigma^2$ . Обозначая ошибку выборочной средней  $s_x$ , точечную оценку генеральной средней можно записать в виде  $\bar{x} \pm s_x$ . Это означает, что  $\bar{x}$  оценка генеральной средней  $\mu$  с ошибкой, равной  $s_x$ . Естественно, что точечные статистические оценки  $\bar{x}$  и  $s^2$  не должны иметь систематической ошибки в сторону завышения или занижения оцениваемых параметров  $\mu$ , и  $\sigma^2$ . Оценки, удовлетворяющие такому условию, называют несмещёнными.

*Интервальной называют оценку*, которая характеризуется двумя числами – концами интервала, покрывающего оцениваемый параметр.

Доверительным называют такой интервал, который с заданной вероятностью покрывает оцениваемый параметр. Центр такого интервала – выборочная оценка точки, а пределы, или доверительные границы, интервала определяются средней ошибкой оценки и уровнем вероятности. Таким образом, интервальная оценка является дальнейшим развитием точечной оценки, которая при малом объёме выборки неэффективна.

В общем виде доверительный интервал для генеральной средней записывается так:  $\bar{x} - t_{s_x} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{s_x}$ , или в более компактной форме:  $\bar{x} \pm t_{s_x}$ . Здесь  $t_{s_x}$  – предельная ошибка выборочной средней при данном числе степеней свободы и принятом уровне значимости. Значение  $t$  критерия Стьюдента для различных уровней значимости и числа степеней свободы можно взять из таблицы 1 приложений. Крайние точки интервала – начало  $\bar{x} - t_{s_x}$  и конец  $\bar{x} + t_{s_x}$  – называются доверительными границами. Интервальную оценку параметров распределения можно использовать для статистической проверки гипотез при сравнении выборочных средних.

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

Часто встречаются случаи, когда выборочная совокупность содержит даты, значения которых сильно отличаются от основной массы наблюдений. У исследователя возникает мысль, что цифры нетипичны, и появляется желание исключить их из таблицы. После того как данные уже получены, о них трудно сказать определённо: грубо ошибочны они или просто имеют большую, но вероятную случайную ошибку. Поэтому применяемая иногда в практике браковка сомнительных дат на глаз бывает субъективной и совершенно недопустима. Отбрасывать, браковать даты независимо от их значения можно только тогда, когда есть прямые доказательства того, что условия их получения противоречат сущности эксперимента или являются результатом грубой ошибки. Во всех других случаях «подозрительная» дата может быть забракована только путём статистической проверки. Гипотезу о принадлежности «сомнительных», наиболее уклоняющихся (крайних) вариант  $X_i$  и  $X_n$  к данной совокупности в малых выборках проверяют по критерию  $t$ . Фактическое значение критерия, представляющее собой отношение разности между сомнительной и соседней с ней датой к размаху варьирования, сравнивают с

теоретическим на 5%-ном или 1%-ном уровне значимости. Если  $\tau_{\text{факт}} \geq \tau_{\text{теор}}$ , то варианта отбрасывается, если  $\tau_{\text{факт}} \leq \tau_{\text{теор}}$ , то варианта оставляется и нулевая гипотеза о принадлежности её к данной совокупности не отвергается. Критические значения критерия  $\tau_{\text{теор}}$ , которые зависят от принятого уровня значимости и от объёма выборки  $n$ , даны в таб. 1.

Таблица 1 Критические значения критерия  $\tau$  для 5 %-ного и 1 %-ного уровня значимости

n	$\tau$		n	$\tau$	
	0,01	0,05		0,01	0,05
4	0,991	0,955	14	0,502	0,395
5	0,916	0,807	16	0,472	0,369
6	0,805	0,689	18	0,449	0,349
7	0,740	0,610	20	0,430	0,334
8	0,683	0,554	22	0,414	0,320
9	0,635	0,512	24	0,400	0,309
10	0,597	0,477	26	0,389	0,299
11	0,566	0,450	28	0,378	0,291
12	0,541	0,428	30	0,369	0,283

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

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

## 1.12 Лекция № 12 (2 часа)

**Тема:** «Проведение полевого опыта»

### 1.12.1 Вопросы лекции

1. Особенности условий проведения полевого опыта.
2. Выбор и подготовка земельного участка для эксперимента.
3. Работы по уходу за опытом.

### 1.12.2 Краткое содержание вопросов

1. Особенности условий проведения полевого опыта.

Наиболее характерной особенностью условий проведения полевого с.-х. опыта является *сильная вариация*, неоднородность неконтролируемых в эксперименте внешних факторов роста и развития растений. *Сезонность*, а отсюда и медлительность в получении информации методом полевого эксперимента, сильная изменчивость метеорологических условий его проведения по годам и неоднородность почвенного плодородия земельных участков, где закладываются опыты, в сочетании с исключительной сложностью основных объектов исследования – растений создаёт значительные трудности в получении надёжных и хорошо воспроизводимых результатов. Этими сложными нестабильными природными условиями проведения и отличается полевой опыт от лабораторного, инженерного, химико-технологического и других типов экспериментов. В зависимости от условий погоды вегетационного периода на одном и том же земельном массиве при одинаковой агротехнике урожаи одного и того же сорта с/х культур и эффективность изучаемых в полевом опыте факторов сильно колеблются по годам. По данным длительного полевого опыта ОГАУ, при традиционной агротехнике на

чернозёмах южных урожайность яровой пшеницы варьирует по годам от 4-28 ц/га.

В большинстве случаев нецелесообразно делать определённые выводы по результатам одного года. Для получения достаточно надёжных и воспроизводимых результатов необходимо иметь не менее, чем трёхлетние данные учёта урожая в опыте.

Итак, именно вариабельность неконтролируемых природных факторов проведения полевого эксперимента требует обязательного повторения опыта во времени.

## 2. Выбор и подготовка земельного участка для эксперимента

*Требования к земельному участку.* Земельный участок для будущего опыта должен соответствовать тем условиям, в которых предполагается использовать результаты опыта: свойствам, плодородию и рельефу почв, распространённых в данном районе или даже в других районах, близких по природным условиям. Это первое и важнейшее требование к земельному участку и полевому опыту называется типичностью или репрезентативностью.

Второе требование к опытному участку – *однородность его почвенного покрова*, обеспечивающая достаточную точность результатов опыта. Это требование нельзя рассматривать как абсолютное, оно, естественно, будет меняться в зависимости от зоны и цели опыта. Оно не означает, как это неправильно понимают некоторые исследователи, отказа от постановки полевых опытов на пёстрых, комплексных почвах, а указывает на необходимость в подобных случаях более тщательно выбирать участок и стремиться к тому, чтобы он был достаточно выровнен для таких условий.

Выделить однородный земельный участок для полевого опыта часто бывает довольно трудно. Поэтому, чтобы правильно выбрать участок, отвечающий основным требованиям методики, необходимо тщательно изучить его историю, провести почвенное обследование, внимательно изучить рельеф, микрорельеф, засорённость и учесть ряд возможных случайных факторов.

*История опытного участка.* На участках, хозяйственная история которых неизвестна, закладывать опыты нельзя. Необходимо убедиться, что в течение последних 3-4 лет на этом участке ежегодно высевали одну культуру, применяли единую систему удобрения, обработку почвы и т.д., хотя по годам обработка, удобрение и предшественники могут быть различными. Однообразными на всем участке особенно должны быть те агротехнические приёмы, которые резко и на длительный период изменяют плодородие почвы, например известкование, систематическое внесение минеральных (особенно фосфорных) удобрений, периодическое внесение навоза или однократная заправка почвы большими дозами органических удобрений, углубление пахотного слоя, дренаж, посев бобовых культур и т.п.

Поэтому первое, что необходимо сделать при выборе участка для опыта, это совершенно точно установить его однородность не менее, чем за последние 3-4 года. При выборе опытного участка следует обратить внимание на случайные факторы, которые могут нарушить однородность условий будущего опыта. В частности, не следует располагать опыты ближе, чем в 50 -100 м от жилых домов, животноводческих построек, сплошного леса или ближе 25-30 м от отдельных деревьев; плотные изгороди и проезжие дороги не должны быть ближе 10-20 м от опытного участка.

Необходимо также учесть все другие возможные причины случайной пестроты опытного участка: следы земляных работ, бывшие дороги, стоянки скота, места вывозки навоза, остатки строений, бывшие токи, старые оросители, арыки и т.д. Указанные случайные факторы почвенной неоднородности на участке недопустимы, так как они оказывают очень длительное последствие на плодородие почвы.

*Почва опытного участка.* Когда установят, что по своей истории земельный участок удовлетворяет предъявляемым требованиям, начинают изучать его почву. Без ее изучения нельзя говорить о почвенной типичности опыта и вообще нельзя определить, принадлежит ли почва опытного участка к почвенной разности, широко распространённой

в зоне деятельности опытного учреждения. Чтобы правильно решить этот вопрос, необходимо воспользоваться почвенной картой, а при ее отсутствии провести детальное изучение почвы. Строго говоря, выводы из большинства опытов, поставленных на определённой почвенной разности, можно делать только для этой разности, хотя и имеется ряд приёмов, действие которых обычно сохраняется в достаточно широком диапазоне почвенных разностей (например, порядок сортов по урожайности, способы посева, химические способы борьбы с сорняками). Следовательно, почва опытного участка должна быть представлена в зоне или районе, где закладывается опыт, на значительных площадях.

Почва опытного участка должна быть однообразной. При значительной пестроте почв приходится довольствоваться однородностью почвы в пределах каждого отдельного повторения. Основные задачи почвенного обследования заключаются в том, чтобы дать почвенную характеристику опытного участка целом и помочь наилучшим образом расположить опыт (в пределах одной почвенной разности) или, если это невозможно, разместить в пределах одной разности все варианты одного или нескольких целых повторений. Однако каким бы детальным ни было почвенное обследование, оно не может выявить, микрпестроту почв. Поэтому очень важно наблюдать за состоянием культурной или дикой растительности будущего опытного участка в течение нескольких лет. Такое наблюдение позволяет выявить, где расположены пятна с наиболее бедной и плодородной почвой, а также учесть степень и равномерность засорённости почвы. Сильно засорённые земли, особенно с явно выраженными пятнами злостных сорняков (пырея, осота и др.), могут быть использованы под опыты (кроме опытов по борьбе с сорняками) лишь при соответствующей предварительной подготовке участка.

Рельеф опытного участка. Требования к рельефу земельного участка, отводимого под опыт, зависят от целей исследовательской работы и изучаемого растения. Чтобы опыты, с какой-либо культурой были типичны, необходимо располагать их на том элементе рельефа, на котором они обычно возделываются. Для большинства опытов предпочтителен ровный или с небольшим уклоном участок – 1-2,5 м на 100 м. Если опыты ставятся на сравнительно крутых склонах, то целесообразно располагать отдельные повторения на разных уровнях склона или закладывать их на длинных, вытянутых вдоль склона делянках, которые учитывают дробно, отрезками, расположенными на разных уровнях склона. Кроме макрорельефа, при выборе земельного участка необходимо учитывать микрорельеф (блюдца, бугорки, мелкие ложбинки, свальные и развальные борозды). Особенно строгие требования нужно предъявлять к микрорельефу земельных участков, предназначенных для опытов с орошением напуском. Здесь приходится проводить планировку поверхности механизмами, а иногда и вручную для ликвидации впадин и бугорков.

Подготовка и изучение участка. Предварительное изучение хозяйственной истории и обследование почвы дают некоторое ориентировочное представление о земельном участке. Выделить наиболее однородные по плодородию участки, установить правильный размер, форму и расположение делянок, т.е. план будущего опыта, и рассчитать необходимую повторность исходя из запланированной экспериментатором ошибки будущего опыта – может дать дробный учет урожая. Наиболее надёжный способ планирования оптимальной структуры опыта – наложение на дробный учёт специально смоделированных так называемых условных опытов. Моделирование плана будущего эксперимента осуществляется в соответствии с задачами исследования, техническими условиями проведения опыта и характером территориального варьирования плодородия земельного участка. Результаты условных, однородных опытов обрабатывают статистически методом дисперсионного анализа и фактический опыт закладывают, ориентируясь на один из оптимальных вариантов модельного опыта.

### 3. Работы по уходу за опытом.

Важнейшее правило исследователя – *одновременность выполнения агротехнических работ*, не подлежащих изучению на всех или в крайних случаях на нескольких целых повторениях полевого опыта. Это требование необходимо строго выполнять на стационарном опытном поле и в производстве. Даже незначительный разрыв в сроках обработки, если за это время, например, прошёл дождь, разрыв в сроках внесения удобрений или посева всего на 6-8 ч ведёт иногда к существенным различиям в росте и развитии растений.

Другое общее требование – *высококачественность всех выполняемых работ*. Агротехнический фон на опытном участке должен быть оптимальным для проявления эффекта от изучаемого приема или сорта и, как правило, более высоким, чем в производственных условиях. Здесь могут быть использованы любые прогрессивные агротехнические приемы, не мешающие выявлению действия того или иного фактора. *Внесение удобрений*. Органические и минеральные удобрения вносят или для изучения их действия, или в качестве общего агротехнического фона. Основное требование к любому способу применения удобрений в опыте – равномерное их распределение по площади делянок. Органические удобрения (навоз, торф, компосты) обычно вносят по общей массе на единицу площади (в тоннах на гектар) и обязательно поделочно. Удобрения должны быть по возможности однородными по своему составу, происхождению, степени разложения и влажности.

*Механизированное внесение органических удобрений* возможно только в опытах с крупными делянками, а также в том случае, если удобрения вносят как общий фон для всего опыта. На каждой делянке удобрения рассеивают в два приёма или с таким расчётом, чтобы немного удобрений осталось. Остаток всегда можно разбросать равномерно по всей делянке, а при нехватке удобрений на какую-то ее часть делянка считается испорченной.

*Обработка почвы*. Если обработка почвы не является изучаемым фактором, она должна быть однородной, одновременной и высококачественной на всех делянках опыта. Вспашку и другие приёмы обработки почвы следует выполнять через все делянки" повторности перпендикулярно к их длинным сторонам, чтобы возможные случайные факторы одинаково влияли на все варианты опыта.

*Посев и посадка*. Для доброкачественного проведения посева или посадки на опытном участке необходимо серьёзное внимание обратить на технику высева или посадки и качество посевного материала. Во всех опытах норму высева желательно устанавливать по числу всх. семян, а не по массе. Посев на опытном участке, как правило, должен быть проведён в один день. Многие исследователи отмечали, например, что разрыв в сроках посева ранних яровых в 4 - 6 ч приводит иногда к разнице в урожае 1-2 ц на 1 га. При посеве или, посадке пропашных культур необходимо следить, чтобы на делянку приходилось целое число борозд (рядков), а число растений на всех делянках было строго одинаковым и соответствовало требуемой густоте.

*Уход за растениями и опытным участком*. Уход за растениями на опытном поле не отличается от ухода за соответствующими культурами в производственных условиях. Все работы следует выполнять своевременно, тщательно и однообразно. Прополку (химическую или ручную), междурядную обработку, подкормку и т. п. проводят совершенно одинаково на всех делянках опыта и не растягивают во времени. Особое внимание обращают на борьбу с сорняками, так как они особенно сильно нарушают сравнимость вариантов. К специальным работам относятся: поделка и прочистка дорожек, обрезка по шнуру концов полей, делянок, а также отбивка защитных полос, своевременная расстановка колышков, этикеток и т. д.

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

### **1.13 Лекция № 13 (2 часа)**

**Тема:** «Учет урожая и документация»

### 1.13.1 Вопросы лекции:

1. Подготовка опыта к уборке и учету урожая.
2. Методы учета урожая.
3. Первичные документы.

### 1.13.2 Краткое содержание вопросов

#### 1. Подготовка опыта к уборке и учету урожая.

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

За несколько дней до уборки нужно осмотреть опытный участок, выделить каждую делянку колышками или вешками, а при необходимости сделать выключки. *Под выключкой понимают часть опытной делянки, исключенную из учета вследствие случайных повреждений или ошибок, допущенных во время работы.*

Целые делянки выключают и выбраковывают лишь в исключительных случаях, когда есть зарегистрированные данные, свидетельствующие о повреждении растений, об ошибке в работе или другие причины, которые могут изменить урожай независимо от изучаемого приема.

Допускаются следующие основания для выключек или браковки целых делянок:

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

Уменьшение учетной делянки из-за выключек допускается не более чем на 50 %. Совершенно недопустима выключка или браковка целых делянок на основании чисто субъективного впечатления на глаз, особенно после того, как урожай убран и взвешен.

Урожай на учетных делянках убирают после удаления урожая с защитных полос и выключек. Урожай убирают способом и в сроки, которые устанавливают на месте, руководствуясь общим требованием к полевым работам на опытах – одновременность и однокачественность их. Необходимо тщательно следить за тем, чтобы техника и методика уборки не внесли «незаконных» различий в сравниваемые объекты. Все опытные делянки желательно убирать в один день, одним и тем же способом. Если это технически не удастся сделать, то в один день убирают обязательно целое число повторений. В том случае, если изучаемые приемы оказывают влияние на сроки созревания (например, при испытании сортов, сроков посева, удобрений и т. п.), то уборку проводят по мере созревания культур, но обязательно одним и тем же способом на всех делянках. Различные способы уборки в одном опыте, естественно, могут быть допустимы лишь при изучении самих способов уборки.

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

Выборка (проба), как бы тщательно ее ни отбирали, всегда характеризует урожай с делянки лишь приблизительно.

#### 2. Методы учета урожая

*Зерновые и зернобобовые культуры.* Наиболее распространена уборка урожая зерновых культур приспособленным для этой цели обычным или специальным малогабаритным самоходным комбайном. Особенно удобен этот способ уборки на удлиненных делянках. Комбайн за один проход убирает среднюю учетную часть делянки,

оставляя защитные полосы. Убирают защитные полосы и делают прокосы между повторениями тем же комбайном. При использовании комбайна очень важно установить и строго выдержать в течение всей уборки оптимальный режим его работы на данной культуре и продолжительность работы вхолостую между уборкой двух делянок; она должна быть не менее 3 -4 мин. Этого времени обычно бывает достаточно для полного обмолота колосьев, затаривания зерна из бункера комбайна в мешки и этикетирования.

Бункерный урожай с каждой делянки взвешивают в поле или после перевозки в затаренных и заэтикетированных мешках в хозяйстве.

Для определения влажности и засоренности с каждой делянки сразу же после взвешивания в полиэтиленовые мешочки отбирают среднюю пробу зерна около 1 кг. Влажность и засоренность определяют одним из методов, предусмотренных стандартом на зерно, и выражают в процентах к сырой навеске. Урожай зерна, полученный при взвешивании, приводят к 14%-ной влажности и 100%-ной чистоте по формуле:

$X = Y (100 - B)(100 - C) / (100 - B_1) \times 100$ , где  $X$  – урожай при 14%-ной влажности (ц с 1 га);  $Y$  – урожай без поправки на влажность (ц с 1 га);  $B$  – влажность зерна при взвешивании (%);  $B_1$  – стандартная влажность (%);  $C$  – засоренность зерна (%);  $b$  – стандартная влажность (%);

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

$X = UP (100 - B) : 8600$ , где  $X$  – урожай зерна при 14%-ной влажности (ц с 1 га);

$U$  – урожай початков в полной и восковой спелости при уборке (ц с 1 га);

$P$  – выход зерна от урожая початков (%);  $B$  – фактическая влажность зерна (%);

8600 – коэффициент пересчета урожая початков к урожаю зерна при 14%-ной влажности.

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

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

$X = Y (100 - B)(100 - C) / (100 - b) \times 100$

*Однолетние и многолетние травы.* Урожай люцерны, эспарцета, травосмесей, луговых трав и т.п. учитывают сплошным методом. Чаще всего зеленую массу сразу взвешивают. Для определения урожая сена с каждой делянки отбирают пробный снопок массой не менее 2 кг. Пробные снопы используют для определения влажности зеленой массы, определения ботанического состава травостоя и показателей качества урожая.

Урожай сена приводят к стандартной 16%-ной влажности:

$X = Y (100 - B) : 84$ , где  $X$  – урожай сена при 16%-пой влажности (ц с 1 га);  $Y$  – урожай зеленой массы трав (ц с 1 га);  $B$  – влажность зеленой массы при взвешивании (%); 84 – коэффициент пересчета на 16%-ную влажность.



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

*Методы поправок на изреженность посева.* В опытах с редко стоящими растениями большое значение имеет учет влияния пустых мест (выпадов) на развитие соседних растений. Исследованиями установлено, что в посевах картофеля и сахарной свеклы выпад единичных растений, если он произошел задолго до уборки урожая, увеличивает продуктивность граничащих с пустыми промежутками растений на 20-50 %, поэтому необходимо использовать метод ковариационного анализа. Применение поправок на изреживание допустимо, если выпадение растений не связано с изучаемым фактором и не превышает 20 %. Когда изреживание выше указанной величины, то выбраковывается вся делянка, а если выпало не более 4 % общего числа учетных растений на делянке или если изреживание связано с изучаемым фактором, то поправок на изреженность не делают.

3. Первичная обработка данных Обработка данных агрономических исследований, например результатов полевых и вегетационных опытов, наблюдений, учетов и анализов, включает: 1) агрономический анализ полученных данных; 2) первичную цифровую обработку материалов;

3) статистическую оценку результатов исследования.

Агрономический анализ заключается в сопоставлении фактической методики проведения опыта с методикой, требуемой условиями и характером исследования и включает критический обзор данных об урожаях, сопоставление их с результатами полевых наблюдений, анализ методики проведения опыта, а также освобождение первичных данных от описок и других неточностей.

Опыты с нарушениями методики и техники, грубыми ошибками, искажающими агрономическую сущность изучаемых приемов, не представляют ценности, а полученные данные нельзя использовать в качестве каких-либо аргументов и тем более бессмысленно обрабатывать их статистически. Такие опыты бракуют.

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

Первичная цифровая обработка материалов полевого опыта включает: 1) пересчет урожаев с делянки на урожай с 1 га;

2) приведение урожая к стандартной влажности;

3) составление таблицы урожая – определение сумм урожаев по вариантам, повторениям и общей суммы урожаев, расчет средних урожаев по вариантам и опыту

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

При округлении чисел необходимо придерживаться следующих правил: 1) если отбрасываемая при округлении цифра меньше 5, то последняя сохраняемая цифра не изменяется (например, 15,746 – 15,7), если отбрасываемая цифра больше 5, то последняя значащая цифра увеличивается на единицу (например, 17,764 – 17,8);

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

Результаты полевых опытов обязательно должны быть обработаны статистически. Надлежащая математическая обработка экспериментальных данных позволяет сделать надежные выводы об объективных свойствах, закономерностях интересующего нас явления. При этом значительная роль принадлежит правильной организации статистических вычислений, которые не должны вносить в исходные показатели дополнительных ошибок. Необходимо тщательно продумать порядок и технику вычислений и разумно использовать счетные вспомогательные средства: числовые таблицы, логарифмическую линейку, номограммы, вычислительные машины. Не следует обольщаться возможностями современных быстродействующих вычислительных устройств и всегда помнить, что нельзя получить из «математической мельницы» больше, чем в нее вложили. Абсолютная точность последующих вычислений будет бессмысленной и ничего не даст, если исходные данные ненадежны. Главная обязанность экспериментатора – получение достоверной исходной информации об изучаемом явлении, без которой невозможна правильная статистическая интерпретация данных. *Статистические методы – это средство объяснения результатов исследований и активный инструмент планирования оптимальной схемы и структуры эксперимента.*

#### **1.14 Лекция № 14 (2 часа)**

**Тема:** «Частные вопросы методики полевого эксперимента»

##### **1.14.1 Вопросы лекции:**

1. Методика полевых опытов по защите почв от эрозии.
2. Особенности закладки и проведения опытов на сенокосах и пастбищах.
3. Особенности методики и постановки полевых опытов в условиях производства.

##### **1.14.2 Краткое содержание вопросов**

1. Методика полевых опытов по защите почв от эрозии.

Потери воды и почвы в результате стока и смыва являются наиболее точными показателями интенсивности развития эрозионных процессов на склоновых землях. Для учета этих потерь при проведении противоэрозионных агротехнических полевых опытов необходимо иметь постоянные или временные специально оборудованные измерительными устройствами делянки – стоковые площадки.

Стоковая площадка представляет собой небольшой водосбор – участок склона, изолированный от окружающей площади металлическими, деревянными, асбоцементными или земляными бортиками. В полевых опытах наибольшее распространение получили стоковые площадки с земляными оградительными валиками-гребнями высотой 25-30 см, шириной понизу 50-60 и поверху 20-25 см. Валики не мешают проведению агротехнических работ; после очередной обработки почвы их восстанавливают. На нижней границе стоковой площадки делают водоприемный лоток из листового металла, продольно распиленных асбоцементных труб, досок, кирпича или бетона. Из водоприемного лотка сток через трубу или канал поступает в водоприемник – мерный бак, где аккумулируется поверхностный жидкий и твердый сток.

Стоковые площадки оборудуются осенью на заранее подготовленных агротехнических фонах – вариантах опыта. Размеры и количество стоковых площадок в опыте сильно варьируют в зависимости от цели и задачи исследования протяженности склона и технических возможностей экспериментатора. В ряде случаев стоковые площадки располагают в два-три яруса по всей длине склона таким образом, чтобы дифференцированно учесть интенсивность проявления эрозии почвы, а следовательно, определить эффективность изучаемых противоэрозионных мероприятий на разных

участках склона.

Двукратная повторность наблюдений за жидким и твердым стоком позволяет проводить математическую обработку результатов методом дисперсионного анализа, а также применять корреляционный и регрессионный анализ для измерения зависимости эрозионных процессов от интенсивности и противоэрозионных мероприятий.

В полевых опытах по изучению водной эрозии почвы используются длинные учетные делянки (стоковые площадки) с минимальной площадью около 1000 м<sup>2</sup>. Наряду с этим обязательным требованием является раздельная обработка почвы поперек делянок (поперек склона) с разворотом агрегатов на защитках шириной не менее 8-10 м. Чтобы выполнить это условие, необходимо выделять 4-5-метровые боковые защиты, что увеличивает площадь опытной делянки примерно вдвое в сравнении с учетной стоковой площадкой. Вот почему минимальным размером опытной делянки в полевых опытах по изучению противоэрозионных мероприятий на склоновых землях следует считать 2000 м<sup>2</sup> (20х1100 м). В ряде случаев можно использовать и несколько меньшие делянки, порядка 1000 м<sup>2</sup> (20х50 м).

Противоэрозионные агротехнические опыты, требующие точных сравнений и статистической оценки, целесообразно закладывать в 3-4-кратной повторности со случайным (рандомизированным) размещением вариантов внутри каждого повторения. Планируя закладку опыта в трех повторениях, необходимо предусмотреть выделение в каждом повторении двух делянок для размещения на них контрольного варианта. Это значительно повышает точность сравнения опытных вариантов со стандартом и уменьшает ошибку эксперимента. Предварительные опыты, а также полные факторные эксперименты с большим числом вариантов могут быть заложены в двукратной повторности.

На склоновых землях наряду с изучением противоэрозионных приемов и технологий, требующих закладки специфических, трудоемких балансовых опытов со стоковыми площадками, проводят и простые опыты, например, с удобрениями, пестицидами, сортами и т.д. Эти опыты обычно закладывают методом рандомизированных повторений на едином противоэрозионном агротехническом фоне в соответствии с основными требованиями методики, располагая делянки вдоль склона так, чтобы их длинные стороны совпадали с направлением линии стока.

## 2. Особенности закладки и проведения опытов на сенокосах и пастбищах

Крупные изменения в методологических основах планирования эксперимента и математической обработки его данных пока еще мало затронули практику опытной работы на сенокосах и пастбищах. Здесь преобладают систематические методы постановки полевых опытов. Между тем исследования луговодов убеждают, что территориальная изменчивость урожайности и ботанического состава на лугах и пастбищах имеет четко выраженный закономерный характер. Сильная закономерная вариабельность травостоя на территории и во времени обусловлена здесь как природными факторами (неоднородностью почвенного покрова, рельефом и др.), так и техническими причинами (неравномерностью сенокосения или стравливания; и др.). В этих сложных условиях для преодоления возможного одностороннего действия неизучаемых факторов на результативный признак необходимо использовать рандомизированное размещение вариантов по делянкам каждого повторения.

При постановке опытов на сенокосах и пастбищах часто рекомендуют использовать так называемый «парный метод», сводя его к делению опытной и контрольной делянок на 4-8 парных парцелл. Таким путем опыты, поставленные без повторности, искусственно превращают в эксперименты с 4-8-кратной повторностью. Совершенно очевидно, что деление делянок на учетные парцеллы и создание ложной повторности не имеют ничего общего с фактической пространственной повторностью и правильным применением математической статистики в опытном деле.

Общие требования к планированию и методике полевого опыта на сенокосах и пастбищах принципиально не отличаются от требований, изложенных применительно к полевым культурам. Однако необходимо хорошо знать и на всех этапах исследовательской работы учитывать специфику луговых трав, особенно разное долголетие растений многовидовых сообществ, и особенности методики эксперимента на пастбищах с имитацией пастбы и с выпасом подопытных животных.

При закладке опытов на сенокосах и пастбищах особенно важно правильно выбрать участок, типичный для данной зоны и однородный по истории, почвенному покрову и растительности. Чтобы установить степень однородности участка, наиболее правильно определить размер, форму и систему расположения делянок, необходимо оценить исходное состояние травостоя участка детальным геоботаническим картированием, дробным учетом урожая и учетом ботанического состава. Знание ботанического состава и исходного состояния травостоя позволяет в дальнейшем правильно оценить действие агротехнических мероприятий, проведенных во время опыта.

Картирование и последующий дробный учет урожая целесообразно проводить небольшими площадками размером 10-20 м<sup>2</sup>. Границы площадок выделяют весной и по углам их забивают колышки. Перед скашиванием на каждой площадке отмечают преобладающие растения, высоту их, полноту травостоя и т. д. После скашивания траву взвешивают отдельно на каждой площадке. Для определения усушки одновременно со взвешиванием берут одну пробу массой 1 кг с 5-10 площадок. Если учетные площадки сильно различаются по составу травостоя, то пробы на усушку берут с каждой площадки отдельно.

После определения урожая сухой массы (сена) полученные данные наносят различной штриховкой на план участка. План дает хорошее представление об однородности сенокоса или пастбища и позволяет выделить подходящие для закладки опытов участки и забраковать места, резко отклоняющиеся по урожайности и составу травостоя. Соответствующей комбинацией учетных площадок и последующей статистической разработкой данных дробного учета вычисляют необходимую повторность при различной величине, форме и системе расположения делянок.

В зависимости от характера изучаемого вопроса и имеющихся возможностей применяют следующие методы постановки опытов на пастбищах: 1) внутри загонное размещение всей схемы опыта; 2) каждая делянка опыта – отдельный загон и 3) каждый вариант опыта – отдельное пастбище.

Внутри загонное размещение всей схемы опыта. Одно- и многофакторные опыты закладывают в пределах одного загона, используя рандомизированные методы размещения вариантов по делянкам. Повторность, площадь делянок и метод размещения опыта на территории устанавливают в зависимости от темы исследования, технических возможностей и характера территориальной изменчивости опытного участка. Наиболее часто опыты закладывают методом рандомизированных повторений на прямоугольных делянках 50-100 м<sup>2</sup> при 4-6-кратной повторности.

Используются две модификации внутри загонного размещения всей схемы опыта: 1) без выпаса скота (имитация пастбы, т. е. периодическое скашивание при наступлении так называемой пастбищной спелости) и 2) с выпасом скота одновременно по всему загону, т. е. всем вариантам схемы, ориентируясь на пастбищную спелость травостоя в варианте со средним уровнем урожайности (принцип среднего загона – варианта).

Опыты с имитацией выпаса скота, представляющие собой первый этап исследования на пастбище, включают обычно большое число вариантов. Это дает возможность отобрать из них наиболее перспективные для дальнейшего изучения в условиях пастбищного использования и зоотехнического метода оценки продуктивности пастбища. Урожай в опытах без выпаса скота учитывают сплошным методом со всей делянки по мере наступления пастбищной спелости травы на каждом варианте. Общий валовой урожай определяют как сумму урожаев за все укусы, имитирующие циклы стравливания. На

природных и сеяных пастбищах с хорошим ботаническим составом фактически используемый животными урожай составляет 80-90 % от валового, а на плохих пастбищах – 40-50 %. Хотя результаты опытов без выпаса скота не соответствуют показателям продуктивности пастбища при выпасе, их успешно используют для сравнительной оценки изучаемых вариантов, особенно на первых этапах исследования.

В опытах с выпасом скота урожай трав учитывают укосным методом. Сущность его состоит в том, что перед каждым очередным стравливанием определяют количество травы основного запаса или отавы. Для этого на каждой делянке скашивают косой или малогабаритной мотокосилкой 1-2 полосы общей площадью 10-20 м<sup>2</sup>.

### 3 Особенности методики и постановки полевых опытов в условиях производства

Особенности организации, методики и техники полевого опыта в производственной обстановке определяются целями и характером исследования, видом опыта, степенью производственного риска, материально-технической базой. Нет и не может быть единой методики для всех опытов, которые закладываются в хозяйствах, методика и техника проведения эксперимента всегда конкретны. Поэтому широко распространенное представление о том, что опыты в производственных условиях всегда нужно закладывать на крупных земельных участках, производственных загонах в 10-30 га и более или даже на целых полях хозяйственного севооборота, крайне односторонне и необоснованно. Проведение экспериментальных работ на больших земельных участках целесообразно лишь при изучении некоторых вопросов, например механизации, когда необходимо определить производительность машин, расход горючего и т. п. Что касается изучения (а не внедрения) большинства агротехнических приемов (обработки почвы, посева, ухода, удобрений), а также сравнительной оценки новых сортов и культур в производственной обстановке, то оно гораздо проще, дешевле, без существенного производственного риска и, что самое главное, методически более правильно может быть проведено в опытах, поставленных на делянках (полосах) оптимального размера для каждого случая.

Нельзя ставить опыт так, чтобы один его вариант размещался на одном, а второй – на другом целом поле. Доказать различия между вариантами в подобных случаях невозможно. Разные поля севооборота всегда различаются по своей истории. Поэтому опыты, заложенные таким образом, дают искаженную информацию о действии изучаемых приемов и, следовательно, выводы на основании этих опытов могут быть ошибочными.

В хозяйствах в отличие от научных учреждений нет специально подготовленных кадров для ведения опытной работы, малогабаритной техники, инвентаря и приспособлений, облегчающих проведение полевых опытов. Поэтому нельзя копировать методику и особенно технику полевых опытов научных учреждений.

Опыт в производственной обстановке должен быть по возможности простым по технике постановки и особенно по методике и технике уборки и учета урожая. Полевые опыты в хозяйствах должны обеспечивать получение данных, достоверных по существу, и, следовательно, проводиться с соблюдением основных требований методики, (выработанных и проверенных на тысячах опытов научно-исследовательских учреждений).

При организации опытной работы в колхозе (совхозе) необходимо ориентироваться: 1) на проведение полевых опытов не на специально выделенном опытном участке, а главным образом в полях хозяйственных севооборотов и 2) на сочетание постановки и проведения опытов с основными производственными процессами. В отдельных случаях целесообразно поставить опыт на делянках очень небольшого размера, например при недостатке нового вида удобрений или гербицида, отсутствии большой партии семян новой культуры или сорта и т. д.

#### 1.15 Лекция № 15 (2 часа)

**Тема:** «Особенности постановки опытов по переваримости кормов и обмену веществ на

### **1.15.1 Вопросы лекции:**

1. Метод прямого определения переваримости питательных веществ.
2. Дифференцированный опыт.
3. Метод изучения переваримости кормов с помощью инертных индикаторов.

### **1.15.2 Краткое содержание вопросов**

#### **1 Метод прямого определения переваримости питательных веществ**

Для определения коэффициентов переваримости проводят научно-хозяйственный опыт, для которого подбирают 3-4-х животных-аналогов. Опыт состоит из двух периодов: подготовительного и учетного.

Подготовительный период проводится с целью приучения животных к данному виду корма, приучения их к посуде и удаления из желудочно-кишечного тракта остатков ранее скармливаемого корма. По результатам исследований мельчайшие частицы корма могут сохраниться в пищеварительном тракте жвачных до 30 дней. Продолжительность его устанавливается в зависимости от вида животных: для КРС и лошадей – 15-20 дней, свиньи и птица – 10-12 дней. При этом подготовительный период зависит от строения желудочно-кишечного тракта.

В учетный период проводится точный учёт съеденного корма, учёт количества выделенного кала и учёт несъедобных остатков. Продолжительность учетного периода составляет для КРС и лошадей – 8-10 дней, свиней и птицы – 6-8 дней. Переваримость питательных веществ определяют на животных, которых в период опыта кормят рационом с известным химическим составом, собирают кал, который выделяется, и анализируют его. Полученные данные используют для расчёта коэффициентов переваримости отдельных питательных веществ.

Существует два основных метода определения переваримости питательных веществ кормов и рационов:

1. Прямой – когда определяют коэффициенты переваримости питательных веществ рациона в целом, или тех кормов, которые могут служить единственным источником питательных веществ (проводится один опыт).

2. Косвенный (по дифференцированной схеме или по схеме разности) – когда определяют коэффициенты переваримости питательных веществ тех кормов, которые не могут быть скормлены отдельно, а входят в состав рациона, состоящего из двух и более компонентов. При косвенном методе проводится два опыта по переваримости. При этом рацион 1 опыта должен содержать 10-15 % по питательности изучаемого корма. Во 2 опыте рацион должен содержать 75-80 % ОР + 20-25 % изучаемого корма.

Для определения коэффициентов переваримости необходимо знать количество съеденных кормов и выделенного кала, химический состав съеденных кормов и выделенного кала.

Преимущество данного метода в большей точности, недостаток – большая трудоёмкость. Поэтому в настоящее время разработаны другие способы определения переваримости питательных веществ: метод инертных индикаторов, в качестве которых используют окись хрома, железа, лигнин, кремниевую кислоту. Этот способ основан на определении соотношения питательных веществ корма и кала и содержащихся в них инертных веществах. При этом способе требуется точный учёт либо корма, либо кала.

Широкое распространение получил способ определения переваримости кормов вне организма – *in vitro*. Этим способом определяется переваримость азотистых веществ, когда навеска корма инкубируется в термостате (при температуре 37 °С) при добавлении натурального пепсина и соляной кислоты или в специально созданном искусственном

рубце, где условия сходны с естественными условиями в рубце жвачных. В случае определения переваримости всех органических веществ к навеске корма добавляются рубцовая жидкость, пепсин и соляная кислота.

## 2 Дифференцированный опыт

Переваримость питательных веществ отдельных кормов, которые могут обеспечить полноценное питание животного без нарушения процессов пищеварения (сено, сенаж, трава для лошадей и жвачных; зерно для птицы), определяют без введения в рацион других видов кормов, т.е. испытуемый корм является единственным источником энергии.

Переваримость питательных веществ таких кормов, как корнеплоды, отходы технических производств и др., и т.е. которые не обеспечивают нормального питания и пищеварения, изучают в дифференцированных опытах.

Дифференцированный опыт состоит из двух циклов, каждый из которых имеет два периода: предварительный и учетный.

В первом цикле определяется питательных веществ основного рациона, в который введены 5-10 % изучаемого корма с целью уменьшения специфического влияния в дальнейшем. Во втором цикле животным скармливают 60-70 % кормов основного рациона (по сухому веществу), а остальную часть – 25-40 % - восполняют за счет изучаемого корма.

Опыт проводится на одной и той же группе животных. Между первым и вторым циклами устанавливается период, продолжительность которого зависит от вида животного и скорости эвакуации пищевых масс через желудочно-кишечный тракт. У взрослого крупного рогатого скота он должен быть не менее 14 суток, а у телят молочного периода 7 суток. У взрослых овец прохождение корма через пищеварительный тракт продолжается 16-21 сутки, у лошадей этот период равен 4-6 суткам, у свиней в среднем составляет 4-5 суток. У взрослой птицы полная эвакуация из пищевого тракта заканчивается через 2-5 суток.

Рационы должны соответствовать живой массе и уровню продуктивности животного, а корма – иметь хорошие вкусовые качества. Основной и опытный рационы не должны резко различаться по содержанию энергии и концентрации питательных веществ в расчете на сухое вещество корма. Необходимо учитывать и соотношение отдельных видов кормов в изучаемых рационах.

## 3 Метод изучения переваримости кормов с помощью инертных индикаторов

Инертные индикаторы – это вещества, которые в организме животного не перевариваются, не всасываются, не вступают в реакции с другими веществами. В качестве инертных веществ используют окис хрома, окиси железа, сульфата бария и др.

Сущность метода в том, что животным в подготовительный и учетный периоды дополнительно вскармливают строго определенное количество, например, окиси хрома, а именно: взрослому крупному рогатому скоту и лошадям – по 20 г, овцам – по 10 г, свиньям – по 8 г в сутки. Одно из обязательных условий – полное потребление животным препарата, для чего его дают в тесте или желатине.

В течение всего периода опыта ведут дневник наблюдений и журналы, куда заносят данные по учету выделенного кала и мочи, сведения о взвешивании животных; приводятся рационы кормления, учет расхода, потребления и остатков кормов; отмечаются наблюдения за физиологическим состоянием животных, условиями содержания; учитываются микроклимат помещения (температура воздуха, влажность, загрязненность и т.д.) и другие показатели.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

### ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

#### 2.1 Практическое занятие № 1 (2 часа).

## **Тема: Измерения, средства измерений и их характеристики.**

### **2.1.1 Задание для работы:**

1. Используя водные пояснения ознакомится с основными понятиями, терминами и параметрами необходимыми для решения поставленной цели.
2. Провести обзор современных приборов используемых в агрономии.

### **2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

#### *Вводные пояснения*

Современные задачи агрономии вытекают из необходимости удовлетворения возрастающих потребностей населения в сельскохозяйственной продукции. Агрономические науки призваны разрабатывать мероприятия, постепенно освобождающие земледелие от воздействия поступенно освобождающие земледелие от воздействия вредных природных факторов, в особенности от засухи. Важнейшая роль принадлежит механизации, агротехнике, химизации, мелиорации, селекции семеноводству. Успешное решение задач, стоящих перед агрономией, возможно лишь при условии повышения научно-методического уровня исследований. Строгого соблюдения и совершенствования методики постановки полевого опыта, внедрения в исследовательскую работу новые, более точные методы полевых и лабораторных анализов, в частности приборы, основанные на использовании новейших достижений физики, электроники, химии, математики.

*Измерение* – операция для определения отношения одной (измеряемой) величины к другой однородной величине, принятой за единицу.

Измерение физической величины проводится с помощью различных средств измерений – мер, систем, установок, измерительных приборов, измерительных преобразователей, и т.д. Измерение физической величины включает в себя несколько этапов: 1) сравнение измеряемой величины с единицей; 2) преобразование в форму, удобную для использования (различные способы индикации).

*Принцип измерений* – физическое явление или эффект, положенные в основу измерений.

*Метод измерений* – приём или совокупность приёмов сравнения измеряемой физической величины с её единицей в соответствии с реализованным принципом измерений. Метод измерений обычно обусловлен устройством средств измерений.

Характеристикой точности измерения является его погрешность. Примеры измерений:

1. В простейшем случае, прикладывая линейку с делениями к какой-либо детали, по сути, сравнивают её размер с единицей, хранимой линейкой, и, произведя отсчёт, получают значение величины (длины, высоты, толщины и других параметров детали).

2. С помощью измерительного прибора сравнивают размер величины, преобразованной в перемещение указателя, с единицей, хранимой шкалой этого прибора, и проводят отсчёт.

В тех случаях, когда невозможно выполнить измерение (не выделена величина как физическая, или не определена единица измерений этой величины) практикуется оценивание таких величин по условным шкалам, например, шкала Рихтера интенсивности землетрясений, шкала Мооса — шкала твёрдости минералов.

Всякое измерение, какой бы ни было сложности, сводится к измерению пространства, времени, движения и давления, для чего могут быть избраны единицы мер условные, но постоянные или же так называемые абсолютные.

*Измерения пространства* сводится к измерению длины линий, взаимного наклонения их (углов), поверхности и объема тел.

*Угловые величины* измеряются угломерными приборами, которых главная составная часть обыкновенно есть круг, разделенный на градусы, подразделенные на 2-30 частей.

*Измерение площадей* и вообще поверхностей всего точнее может быть достигнуто вычислением, если их очертания и кривизны не очень сложны. В противном случае



употребляются разные приемы и приборы для измерения поверхностей плоских фигур (планиметры), дающие результаты достаточно точные во многих частных случаях.

*Измерения объёмов* основаны на вытеснении воздуха из сосуда, в который кладут подлежащее измерению тело. Вытесненный объем воздуха определяется на основании закона Бойля-Мариотта.

*Измерительный прибор - средство измерений*, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне. Часто измерительным прибором называют средство измерений для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия оператора.

Классификация приборов

1. По способу представления информации.

*Показывающий измерительный прибор* – прибор, допускающий только отсчитывание показаний значений измеряемой величины.

*Регистрирующий измерительный прибор* – измерительный прибор, в котором предусмотрена регистрация показаний.

Регистрация значений может осуществляться в аналоговой или цифровой формах. Различают самопишущие и печатающие приборы.

2. По методу измерений

*Измерительный прибор прямого действия* – измерительный прибор, в котором осуществляется одно или несколько преобразований измеряемой величины и значение её находится без сравнения с известной одноимённой величиной.

*Измерительный прибор сравнения*– измерительный прибор, предназначенный для непосредственного сравнения измеряемой величины с величиной, значение которой известно.

3. По форме представления показаний

*Аналоговый измерительный прибор* – измерительный прибор, показания которого или выходной сигнал являются непрерывной функцией изменений измеряемой величины.

*Цифровой измерительный прибор* – измерительный прибор, показания которого представлены в цифровой форме.

4. По способу применения и конструктивному исполнению

- стационарные
- щитовые
- панельные
- переносные

5. По характеру шкалы и положению на ней нулевой точки

- равномерная шкала
- неравномерная шкала
- с односторонней (симметричной) шкалой
- с двухсторонней (несимметричной) шкалой
- с без нулевой шкалой

6. По точности измерений

- нормируемые
- ненормируемые

7. По виду используемой энергии (физическому явлению)

- электромеханические
- электротепловые
- электрокинетические
- электрохимические

8. По роду измеряемой величины

(вольтметры, амперметры, веберметры, частотометры, варметры и т. д.)

*Параметры для измерительных приборов*

*Диапазон измерений* – область значений измеряемой величины, на который рассчитан прибор при его нормальном функционировании, с заданной точностью измерения.

*Порог чувствительности* – некоторое минимальное или пороговое значение измеряемой величины, которое прибор может различить.

*Точность* – способность прибора указывать истинное значение измеряемого показателя (предел допустимой погрешности или неопределённость измерения).

*Стабильность* – способность прибора поддерживать заданную точность измерения в течение определенного времени после [калибровки](#).

*Обзор современных приборов используемых в агрономии*

*Влагомеры.* В Оренбургской области влага является главным ограничивающим фактором при проведении обработок почвы и урожайности культур. Поэтому для разработки действенных рекомендаций необходим контроль над влажностью почвы. Однако это очень трудоемкая работа, при применении весового метода определения влажности почвы. Многоканальные электронные влагомеры оказывают в этом существенную помощь, но наиболее эффективно использование автономных автоматических почвенных сенсоров влажности. Существуют сенсоры, которые записывают значения влажности почвы автоматически и сохраняют информацию на модулях памяти. Устройства такого типа хранят информацию до перезаписи ее на компьютер (до 80 дней при 15 минутном интервале записи данных) и могут использоваться много лет. Такая система очень удобна при мониторинге баланса почвенной влаги и определения корреляции содержания влаги в почве с ростом и развитием растений и урожайностью.

*Почвенные экспресс-лаборатории*

Многократное анализирование большого количества почвенных образцов в течение сезона с многих участков традиционным методом трудоемко и дорого. Существуют почвенные экспресс-лаборатории для определения содержания питательных веществ, которые проводят анализ быстро и недорого. Например лаборатория SCL созданная специально для полевых условий.



Почвенная лаборатория SCL-12 - компактная, электронная лаборатория для анализа почвы, которая обеспечивает точные исследования по 15 компонентам почвы, включая доступные формы макро- и микро питательных веществ.

Высококачественные реагенты и уникальные рецептуры, обеспечивают быстрый, простой и чрезвычайно точный анализ химических и физических параметров почвы. В состав электронной лаборатории входят портативный колориметр Smart2, pH-метр и компактный солемер.

Электронная почвенная лаборатория SCL12

### *Автоматические метеостанции*

Детальная информация о метеоусловиях может существенно повысить точность исследований при интерпретации экспериментальных данных. Автономные, много сенсорные метеостанции могут измерять температуру воздуха, точку росы, направление и скорость ветра, солнечную радиацию, температуру и влажность почвы на одной глубине. На протяжении нескольких месяцев данные о погоде собираются с интервалом от 1 секунды до 1 суток, после чего переносятся в компьютер с помощью кабельного соединения или по радио.



Метеостанция М-49М предназначена для дистанционного измерения скорости и направления ветра, атмосферного давления, температуры и относительной влажности воздуха и выдачи результатов измерения на компьютер. В состав метеостанции входит датчик ветра, датчик влажности, пульт с цифровой индикацией, соединительные кабели и блок питания, позволяющий работать от сети переменного тока напряжением 220 В. Дополнительные датчики могут записывать количество и интенсивность осадков, температуру и влажность почвы на разной глубине, и прочие метеорологические показатели

Метеостанция М-49М

### *Экспресс диагностика заболеваний сельскохозяйственных растений.*

Иногда довольно трудно правильно идентифицировать заболевание сельскохозяйственных культур, основываясь только на внешних симптомах. Наборы для диагностики заболеваний в полевых условиях предоставляют эту возможность. Диагностика основывается на изменении окраски реагентов при контакте с соком или тканями растений. Представляют собой пластиковые или картонные пластины с нанесенными в углубления на поверхности специфическими реагентами.

### *Полевые регистраторы данных.*

Внешне выглядят, как обычные калькуляторы, но позволяют записывать в электронном виде различные виды информации в полевых условиях. Информация затем легко переносится в статистические программы. Эта система сохраняет время и уменьшает количество случайных ошибок. Регистратор можно предварительно запрограммировать для идентификации данных, которые выше или ниже ожидаемых. Данные могут быть предварительно проанализированы на поле для перепроверки значений, которые вызывают сомнения.

### *Совершенствование статистической обработки данных.*

При постановке экспериментов много времени тратится на планирование опыта, собственно проведение эксперимента и сбор данных, анализ данных, написание отчета. Результаты эксперимента могут нести больше информации, если при анализе первичных данных использовать совершенные статистические методики.

В дополнение к методам статистических анализов, которые традиционно используются исследователями, довольно широко стали использоваться анализ временных рядов и анализ повторных измерений. Временные тренды часто очень важны для исследований, таких как изучение развития растений на протяжении вегетационного периода или флуктуации интенсивности фотосинтеза или водопотребления на протяжении дня. При многократном сборе одинаковой информации с одних и тех же опытных участков, вегетационных сосудов и т.д. можно установить корреляцию показателей между

собой. Это так называемая автокорреляция, которая может быть использована для уменьшения НСР, если использовать анализ повторных измерений. Такие анализы доступны во многих статистических пакетах (Statistica, SPSS).

Геостатистический анализ.

На полях, которые внешне кажутся однородными, всегда существует определенная вариабельность почвенных характеристик, урожая, темпов роста и развития растений и т.д. Существует очень тесная корреляция между географическим положением на поле и приведенными выше параметрами. Имеются статистические пакеты, способные проанализировать эту пространственную вариабельность и позволяющие получать более точные средние значения. Такие способы анализа широко используются при постановке агрономических экспериментов в США и других странах. Такие программы как ArcView и TNT способны представить пространственную вариабельность различных характеристик экспериментальных делянок в виде цветные карт и проанализировать корреляцию с высокой эффективностью. Имея небольшой опыт это же можно сделать с помощью таких программ как Statistica и SPSS и даже EXCEL.

### **2.1.3 Результаты и выводы:**

#### **Контрольные вопросы**

1. Понятие об измерении.
2. Этапы измерений физической величины.
3. Примеры измерений.
4. Что такое измерительный прибор?
5. Приборы по способу представления информации.
6. Приборы по методу измерений и форме представления показаний.
7. Приборы по способу применения и конструктивному исполнению.
8. Приборы по характеру шкалы и положению на ней нулевой точки.
9. Приборы по точности измерений и виду используемой энергии.
10. Параметры для измерительных приборов.
11. Обзор современных приборов используемых в агрономии.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Приборы для Экспресс диагностика заболеваний сельскохозяйственных растений.
2. Полевые регистраторы данных

## **2.2 Практическое занятие 2-3 (4 часа)**

### **Тема: Определение биологической урожайности зерновых культур**

#### **2.1.1 Задание для работы:**

1. Ознакомление с методикой структурного анализа снопового материала.
2. Разбор снопового материала
3. Определение биологической урожайности зерновой культуры.
4. Оценка технологии выращивания культуры по элементам структуры урожая.

#### **2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Известно, что урожай зерновых колосовых культур определяется тремя компонентами: числом продуктивных стеблей на единице площади, числом зёрен в колосе и массой зерновки.

Наиболее регулируемым из них является число продуктивных стеблей. Это широко используется в различных технологиях.

Например, в бельгийской системе выращивания озимой пшеницы основным элементом, обеспечивающим повышение биологической продуктивности посевов, служит высокая продуктивная кустистость растений – 2,2-2,5 стебля на одно растение при невысокой густоте стояния пшеницы. Для получения 475-500 продуктивных стеблей высевают от 220 до 250 всхожих семян на 1 кв. м.

Другая широко распространённая в Западной Европе система, предложенная в Шлезвиг-Гольштейне (Германия), направлена на формирование агроценоза с повышенной плотностью продуктивного стеблестоя, подавляющую часть которого составляют главные побеги. Для этого используют повышенные нормы высева семян – 450-500 шт. всхожих семян на 1 кв. м, что обеспечивает получение 550- 600 колосьев на 1 кв. м и высокие нормы (250 кг/га) азотных удобрений.

Разработанные впоследствии системы – ICI (Великобритания), BASF (Германия), МВА (Бельгия) – представляют различные модификации бельгийской и шлезвиг-гоольштейнской систем (В.М. Ковалев, 1997).

Необходимо отметить, что выше перечисленные системы возделывания зерновых культур рассчитаны на относительно мягкие климатические условия с большим количеством осадков. В засушливых районах приходится сознательно идти на создание редких посевов зерновых культур, так как только таким путём удастся обеспечить растения водой. Ясно, что при этом несколько возрастают условия для кущения растений. Поэтому система, направленная на получение урожая за счёт главных побегов в регионах с дефицитом влаги, скорее всего не эффективна.

В условиях центральной зоны Оренбургского Предуралья наибольшая урожайность мягкой пшеницы достигается при продуктивном стеблестое в пределах 260-350 шт. на 1 кв. м (А.Г. Крючков, 1998). Для этого высевается 400-500 шт. всхожих семян на 1 кв. м.

Средний урожай с единицы площади называют урожайностью. Урожайность является результатом сложного взаимодействия растений с условиями среды. Для определения урожайности нужно знать ряд величин. Например, у зерновых колосовых её можно вычислить, умножив число плодоносящих стеблей на единице площади на массу зерна с одного колоса. Каждая из этих величин зависит от других элементов структуры урожайности. Густота плодоносящего стеблестоя определяется нормой посева, полевой всхожестью (густотой всходов), выживаемостью (числом сохранившихся к уборке растений) и продуктивной кустистостью. Масса зерна с одного колоса зависит от его озарённости и массы 1000 зёрен. Каждый из этих элементов формируется в определённый период вегетации и зависит от почвенно-климатических условий и уровня агротехники.

Для определения биологической урожайности за один-два дня до начала уборки хлебов отбирают сноповые образцы с площадок, выделенных во время всходов для определения густоты насаждения, или с типичных участков поля (не менее чем с пяти площадок по 0,25 м<sup>2</sup>). Затем проводят анализ каждого из 25 пробных растений и устанавливают его высоту, общую и продуктивную кустистость (у 25 колосьев определяют длину колоса, число колосков и зёрен в колосе), массу растения и зерна с одного колоса и растения. Вычисляют массу 1000 зёрен и выход зерна в процентах от общей массы растений. Массу зерна с колоса определяют, разделив массу зерна с растения на число продуктивных стеблей. По данным средней продуктивности растений и густоты насаждения перед уборкой рассчитывают биологическую урожайность и делают заключение о влиянии различных показателей продуктивности растений на уровень биологического урожая и его качество. В таблице 1 приведены данные для расчёта биологической урожайности пшеницы, ржи, ячменя и овса. Урожайность зерна (в г/м<sup>2</sup>) равна произведению средней массы зерна с одного колоса (метёлки) на число продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup>. Урожайность (в т/га) равна произведению средней массы зерна с 1 м<sup>2</sup> на количество квадратных метров в 1 га (10000), её можно рассчитать также по формуле:  $Y = КПСА/1000$ , где К - количество растений в пересчёте на 1 га (млн шт.); П - продуктивная кустистость; С - среднее число зёрен в колосе (метёлке), А - масса 1000 зёрен, г.

### **3.1.1 Результаты и выводы**

Данные о биологической урожайности культур позволяют оценить технологию их выращивания и при необходимости внести в неё коррективы (изменение системы удобрений, нормы высева, сроков и способов посева и др.).

Для оценки технологии выращивания культуры определяется большее количество элементов структуры урожая (табл. 1), чем биологической урожайности (табл. 2).

Таблица 1 – Анализ снопового материала с 0,25 м<sup>2</sup>

Вариант	Масса снопа, г	Кол-во растений, с 0,25 м <sup>2</sup>	Кол-во стеблей, шт.	Кол-во стеблей с колосом, см	Высота 25 растений, см	Число колосков в колосе, шт.	Число зёрен в колосе, шт.	Масса зерна с 25 растений, г	Масса зерна со всего снопа, г	Масса 1000 зёрен, г

Таблица 2 Расчёт биологической урожайности зерновой культуры

Вариант	Количество продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	Количество зёрен в колосе, шт.	Масса 1000 зёрен, г	Биологическая урожайность, т/га

## 2.3 Практическое занятие 4-5 (4 часа)

### Тема: Выбор темы и формулирование гипотезы эксперимента

#### 2.3.1 Задание для работы:

1. Выбор темы, определение задач, объекта и условий исследований.
2. Анализ истории и современного состояния вопросов, поставленных на изучение.
3. Выдвижение рабочей гипотезы или нескольких гипотез и их обоснование.

#### 2.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

Вводные пояснения. Для успеха научного исследования его необходимо правильно организовать, спланировать и выполнять в определенной последовательности.

*Этапы выполнения научно-исследовательской работы:*

- 1) подготовительный;
- 2) проведение исследований;
- 3) работа над рукописью и её оформление;
- 4) внедрение результатов научного исследования.

*Подготовительный этап (планирование) исследования включает:*

- выбор темы;
- анализ истории и современного состояния вопросов, поставленных на изучение;
- выдвижение рабочей гипотезы или нескольких гипотез и их обоснование;
- разработка схемы и методики полевого опыта.

Алгоритм постановки проблемы, формулировки гипотезы исследований и темы исследований

Научно-исследовательская работа начинается с выбора её направления. Актуальные

направления исследований формулируются в директивных документах правительства страны, и часто предопределяются спецификой научного учреждения, отраслью науки, в которых работает исследователь. Поэтому выбор научного направления для каждого отдельного исследователя часто сводится к выбору отрасли науки, в которой он имеет образование и желает работать. Научное направление в большинстве случаев определяет тему исследований.

Научная тема – это сложная, требующая решения задача. Темы могут быть теоретическими, практическими и смешанными. В агрономии они чаще всего бывают практическими или смешанными, сочетающими в себе теоретические и практические аспекты исследования.

*Основными источниками тем является:*

- заказы и потребность производства;
- ранее выполненные работы, требующие в современных условиях повторного изучения с применением новых методов исследования;
- новые сорта, приемы обработки почвы, удобрения, химические средства защиты растений, требующие проверки и изучения в конкретных условиях;
- новые идеи, возникающие в результате анализа научной литературы или проведения научных исследований или в с.-х. производстве;
- федеральные, областные, вузовские тематические планы научных работ.

*После выбора темы исследования изучают научную литературу.*

Во время ознакомления с литературой и материалами ранее проведенных исследований выясняется, в какой мере вопросы темы изучены и каковы полученные результаты. Особое внимание следует уделить вопросам, на которые ответов вообще нет либо они недостаточны.

*Итогом работы с литературой должно быть формулирование проблемы.*

*Проблема (от греч. problema - задача) теоретический или практический вопрос, требующий изучения, разрешения.* Важной предпосылкой успешного решения проблемы служит её правильная постановка. Неверно поставленная проблема уведет в сторону от разрешения подлинных проблем.

Формулируя проблему, мы сужаем диапазон поиска ее возможных решений и в неявном виде выдвигаем гипотезу исследования.

*Гипотеза (греч. - основа, предположение) – обоснованное предположение, выдвигаемое с целью выяснения закономерностей и причин исследуемых явлений.* Гипотеза – это научное предположение, вытекающее из теории, которое еще не подтверждено и не опровергнуто.

Процесс выдвижения и опровержения гипотез можно считать основным и наиболее творческим этапом деятельности исследователя. Установлено, что количество и качество гипотез определяется креативностью (общей творческой способностью) исследователя – “генератора идей”.

Гипотеза может отвергаться, но никогда не может быть окончательно принятой. Любая гипотеза открыта для последующей проверки.

Надо сказать, что научное исследование может начинаться с постановки проблемы. Самые наивные, “детские” вопросы (“Почему небо голубое?” или “Кто сильнее: кит или слон?”) – прототипы проблемы.

В отличие от житейской, научная проблема формулируется в терминах определенной научной отрасли. Она должна быть операционализированной. “Почему солнце светит?” – вопрос, но не проблема, поскольку здесь не указаны область средств и метод решения. “Является ли различие сортов пшеницы по устойчивости к корневым гнилям, генетически детерминированным признаком или зависит от условий их выращивания?” – это проблема, которая сформулирована в терминах соответствующих наук и может быть решена определенными методами.

Откуда берется проблема? В науке формулирование проблемы – обнаружение

“дефицита”, нехватки информации для описания или объяснения реальности. Способность обнаружить “белое пятно” в знаниях о мире – одно из главных проявлений таланта исследователя. Постановка проблемы, завершается выдвижением гипотезы исследования и формулированием темы.

Тема должна быть четко сформулирована, отражать сущность вопросов, поставленных на изучение, иметь вполне определенную и обоснованную задачу и соответствовать материально-технической базе, где намечают проводить исследование, или учесть возможности приобретения нового оборудования.

Тема должна быть актуальной. В работе должны рассматриваться и решаться задачи, которые являются актуальными для теории и практики конкретной отрасли.

Порядок выполнения работы

1. Изучив «Краткое освещение направления исследования» сделать выводы и обозначить проблему.

2. Выдвинуть гипотезу и формулировать тему исследований.

Краткое освещение направления исследования

Накопленный практический опыт и исследования в этой области во всем мире, свидетельствуют о том, что вспашка является причиной падения плодородия почв. Стремление человека агротехническими приемами увеличить мощность почвы, например, с 20 до 30-40 см путем постепенной, ежегодной припашки малоплодородного слоя почвы к плодородному, а также внесения высоких доз органических удобрений, на деле оборачивается уменьшением содержания гумуса в почве и её деградацией. Например, содержание гумуса в чернозёмах типичных тучных Оренбургской области снизилось с 12,5 до 9,5 %, обыкновенных – с 7,4 до 5,7 %, южных – с 7,1 до 5,6 %, и тёмно-каштановых – с 4,2 до 3,2 % (Е.В. Блохин, 1997).

Почему же это происходит?

Обратимся Вильямсу В.Р., впервые обосновавшему теорию гумусообразования. По его мнению, темпы и результаты этого процесса зависят от соотношения двух противоположных процессов – создания и разрушения. При их равновесии на каком-то этапе количество гумуса в почве стабилизируется; при преобладании процесса создания количество его будет увеличиваться; при преобладании процесса разрушения почва может утратить гумус. Очевидно, что при сельскохозяйственном производстве необходимо определить и обеспечить условия равновесия и преобладания процессов создания гумуса. В. Вильямс и его последователи считали, что в основном это достигается путем отвальной обработки почвы – вспашки. При вспашке органические остатки растений, накапливающиеся в поверхностном слое почвы, перемещаются в глубокие (20 см и более) слои почвы в условия анаэробного разложения. Так как по В.Вильямсу только анаэробные бактерии способны превращать органическое вещество в гумус. Однако на практике при вспашке с каждым годом количество гумуса в почве снижается.

На экспериментальной станции Ротамстед в Англии ежегодно в течение 18 лет под вспашку добавляли 6766 кг соломы. В результате содержание гумуса в почве увеличилось всего на 0,2 %.

Рассмотрим точку зрения на процесс гумусообразования российского ученого И.Ф. Гаркуша. Он пишет: «Превращение органических остатков в перегной – сложный биологический процесс и складывается из двух процессов. С одной стороны, происходит распад органических веществ до более простых соединений и частично до продуктов полной минерализации ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и др.) С другой стороны одновременно с распадом происходит синтез высокомолекулярных, специфической природы перегнойных веществ, т.е. процесс гумусообразования. Эти процессы осуществляются при участии окислительных ферментов, выделяемых микроорганизмами. Наиболее энергично протекают процессы превращения органических веществ в гумус в условиях свободного доступа воздуха и при наличии достаточного количества влаги и тепла».

Значительным событием в этой области стал крупномасштабный полтавский



эксперимент почвозащитной обработки основанной на бесплужной обработке почвы не глубже 12-14 см. Разработчики сделали вывод: «Вспашка, которая культивировалась столетиями и продолжает применяться в отечественном земледелии, является самым нелогичным отношением к земле, нарушающим естественные законы почвообразования и внутрипочвенные связи. Оборотом пласта мы ставим почвенную биоту в нежизненные для нее условия, и она резко снижает активность или погибает, превращая пахотный слой в порошкообразную полуинертную массу, ввергая в «шоковое» состояние, для выхода из которого требуется 5-10 лет бесплужной обработки».

С полтавскими учеными соглашается микробиолог И.С. Востриков. Он пишет: «Процесс накопления гумуса при размещении соломы в слое до 6 см в 24 раза активнее, чем при размещении ее в слое ниже 14 см».

Выводы...

Проблема (проблемы) ...

Гипотеза (гипотезы)...

Тема исследований...

## **2.4 Практическое занятие 6(2 часа)**

**Тема: Разработка схемы и структуры полевого эксперимента**

### **2.4.1 Задание для работы:**

1. Переписать тему исследований из практического занятия 2.
2. Разработать схему опыта.
3. Составить матрицу планирования.

### **2.4.2 Краткое описание проводимого занятия:**

*Вводные пояснения*

После выдвижения и обоснования рабочей гипотезы и темы (ПЗ 1, 2) разрабатывается программа исследования.

Программа исследований включает:

- схему полевого опыта;
- сопутствующие наблюдения, их методику и объем работы;
- условия проведения исследований;
- элементы методики и план эксперимента;
- технику закладки и проведения опытов;
- продолжительность проведения исследований (фактор времени);
- методы статического анализа экспериментального материала.

В программе исследований первостепенное значение имеют схема. Под схемой опыта понимают совокупность опытных и контрольных вариантов, объединенных общей идеей. Под опытным вариантом понимают изучаемое растение, сорт, агротехнический прием или их сочетание, напряженность факторов. Один или несколько вариантов схемы, с которыми сравнивают опытные варианты, называют контролем или стандартом. За контрольный вариант принимают хорошо изученный и широко применяемый в конкретных условиях агротехнический прием или их сочетание, растение, районированный сорт, фактор роста и развития растений, его напряженность.

При разработке схемы опыта необходимо:

1. Соблюдать принцип единственного различия и факториальности. Принцип единственного различия означает, что все варианты опыта при любом их сравнении или при сопоставлении парами должны отличаться друг от друга одним единственным количественным или качественным признаком.

2. Правильно выбрать контрольный вариант и определить общие не изучаемые условия (фон) эксперимента.

3. Установить интервал варьирования и градации изучаемого фактора (в однофакторном опыте) или нескольких факторов (в многофакторном опыте). При этом на

основании выдвинутой рабочей гипотезы необходимо определить центр эксперимента, т.е. ту градацию фактора, при которой следует ожидать наибольшего значения результативного признака. При уменьшении или увеличении количества (напряженности) фактора от его основного уровня (центра эксперимента) величина результативного признака уменьшается.

Варианты в схеме однофакторного опыта располагают в определенной последовательности, и часто обозначают (кодируют) буквами. Первым обычно ставят контрольный вариант. Последующие варианты пишут в порядке возрастания градаций фактора. Например, в схеме опыта по изучению нормы высева нового сорта яровой пшеницы варианты можно написать так:

1. 4 млн. зерен (контроль, а<sub>0</sub>)      2. 2 млн. зерен (а<sub>1</sub>)
3. 3 млн. зерен (а<sub>2</sub>)                      4. 4 млн. зерен (а<sub>3</sub>)
5. 5 млн. зерен (а<sub>4</sub>)

Если варианты в схеме однофакторного опыта различаются качественно (опыты по сортоиспытанию, оценка видов удобрений, различных предшественников, гибридов и т.д.), то их можно обозначить заглавными буквами А, В, С, Д и т.д.

В схеме многофакторного опыта вариантами являются отдельные градации изучаемых факторов, а также все возможные их сочетания. Разработанный по такому принципу (принцип факториальности) опыт называют полным факторным экспериментом (ПФЭ). Он позволяет установить реакцию растений на дозы (градации) каждого фактора в отдельности и на их совместное применение в разных сочетаниях.

В полном факторном эксперименте центр и интервал между градациями определяют для каждого фактора точно так же, как это делают при разработке схемы однофакторного опыта. Схема полного факторного эксперимента включает строго определенное число вариантов, которое равно произведению градаций каждого фактора. Например, в трехфакторном опыте по изучению двух сортов яровой пшеницы, двух норм высева и двух приемов обработки почвы число вариантов будет равно  $2 \times 2 \times 2 = 8$ .

Планирование ПФЭ облегчается использованием специальной символики (кодирования вариантов). Изучаемые факторы обозначают заглавными латинскими буквами А, В, С и т.д., а их градации – цифрами 0, 1, 2, 3, и т.д. Кодирование позволяет все разнообразие схем многофакторных опытов свести к таблице – матрице планирования (табл. 1).

Таблица 1. Матрица планирования ПФЭ 2×3

Номер варианта	Факторы		Обозначения (коды) вариантов
	А	В	
1	0	0	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub>
2	1	0	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub>
3	0	1	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub>
4	1	1	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>
5	0	2	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub>
6	1	2	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>

## 2.5 Практическое занятие 7 (2 часа)

### Тема: Планирование размещения повторений и вариантов в повторностях

#### 2.5.1 Задание для работы:

1. Используя материалы лекций и водные пояснения ознакомится с основными понятиями, терминами и параметрами необходимыми для решения поставленной цели.
2. На основании разработанной на предыдущем занятии схемы полевого опыта произвести научно обоснованное размещение повторений и вариантов.

3. Для закрепления полученных знаний выполнить размещение повторений и вариантов по индивидуальному заданию.

### 2.5.2 Краткое описание проводимого занятия:

Вводные пояснения

После разработки схемы и программы полевых исследований проводится планирование размещения повторений и вариантов в повторениях. В настоящее время большинство опытов ставят *методом организованных повторений*. Суть которой заключается в том, что делянки с полным набором всех вариантов схемы объединяют территориально в компактную группу - организованное повторение. Повторение представляет собой сокращенный в объеме опыт. Отсюда, если опыт закладывается в 4-х кратной повторности, то на территории земельного участка будет заложено четыре отдельных участка с полным набором вариантов схемы опыта.

Опыты могут размещаться на земельном участке и без территориального объединения вариантов в компактные группы – повторения, а полностью случайно. Такое размещение называют методом *неорганизованных повторений* или *полной рандомизацией*. Его используют только в небольших опытах, которые закладывают на хорошо выравненных земельных участках.

Применяют два способа размещения организованных повторений: *сплошное*, когда все повторения объединены территориально, и *разбросанное*, когда повторения по одному или по несколько расположены в разных частях поля и опытный участок не имеет одной общей границы. Во втором случае число опытных участков соответствует числу повторностей опыта.

Задания:

1. Выбрать способ размещения организованных повторений и метод размещения вариантов по делянкам для схемы полевого опыта составленного на предыдущих занятиях и осуществить их размещение с учетом пестроты плодородия почвы и рельефа по карте участка, выбранного для закладки полевого опыта (рис. 1).

2. Выполнить размещение вариантов на опытных делянках различными методами по индивидуальным заданиям (табл. 1):

а) составить схему опыта по заданному количеству вариантов;

б) с учётом площади земельного участка, коэффициента вариации урожайности и характеристики рельефа выбрать способ размещения организованных повторений и метод размещения вариантов по делянкам опытного участка;

в) отобразить схему размещения повторений и вариантов в рисунке.

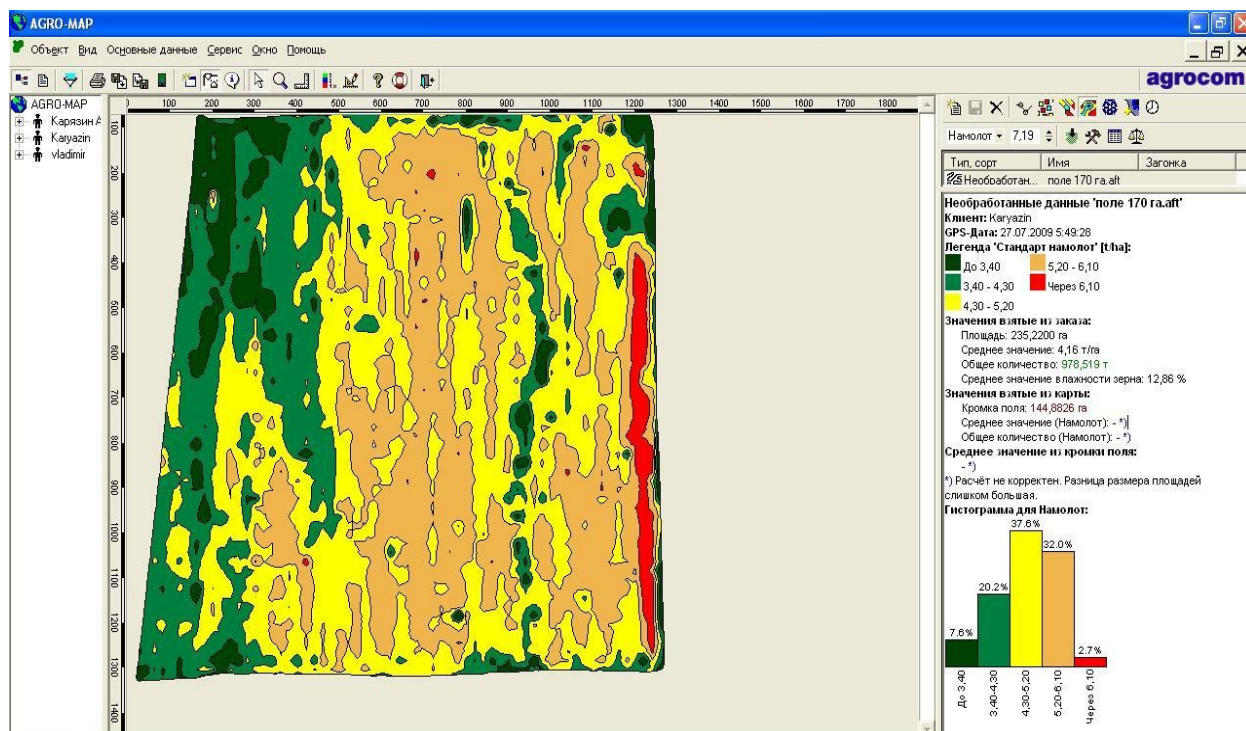


Рисунок 1 – Пример неоднородности плодородия отдельных участков, вызванная особенностями рельефа, технологиями земледелия, скоростью основных почвообразующих процессов и др.

Таблица 1 – Индивидуальные задания для выполнения размещения вариантов на опытных делянках различными методами

№ задания	Кол-во вариантов	Размер земельного участка, м	Коэффициент вариации урожайности ячменя на участке, %	Характеристика рельефа
1	5	200 x 240	< 10	уклон 1,5 с юго-востока на северо-запад
2	7	300 x 200	$10 < V < 20$	уклон 3° с востока на запад
3	10	150 x 300	$10 < V < 20$	уклон 5° с севера на юг
4	8	170 x 100	< 10	уклон 1° с северо-востока на юго-запад
5	6	200 x 180	> 20	уклон 4,5 с запада на восток
6	9	300 x 450	$10 < V < 20$	уклон 4° с северо-запада на юго-восток
7	11	100 x 400	< 10	уклон 2,0° с юго-запада на северо-восток
8	12	600 x 150	$10 < V < 20$	уклон 3,5 с севера на юг
9	5	250 x 150	> 20	уклон 5° с юга на север
10	9	150 x 400	< 10	уклон 1,5 с запада на восток
11	13	300 x 150	$10 < V < 20$	уклон 3° с северо-запада на юго-восток
12	16	800 x 400	< 10	уклон 1° с юго-запада на северо-восток
13	10	400 x 150	$10 < V < 20$	уклон 4,5° с севера на юг
14	7	300 x 200	> 20	уклон 5,5 с запада на восток
15	11	150 x 450	$10 < V < 15$	уклон 2° с юго-востока на северо-запад

## 2.6 Практическое занятие № 8(2 часа)

Тема: «Основные статистические характеристики количественной

## изменчивости»

### 2.6.1 Задание для работы:

1. Ознакомится с основными статистическими характеристиками количественной изменчивости.

2. Провести практическое решение примера

### 2.6.2 Краткое описание проводимого занятия:

**Изменчивость (варьирование)** – это свойство условных единиц (растений, урожаев на параллельных делянках полевого опыта и др.) отличаться друг от друга даже в однородных совокупностях.

**Совокупность** – группа объектов, подлежащих изучению.

**Выборка (выборочная совокупность)** – часть объектов, которая попала на проверку.

**Генеральная совокупность** – вся группа объектов, подлежащая изучению.

**Варианта (даты)** – отдельное значение варьирующего ряда (x).

**Вариационный ряд** – это такой ряд данных, в котором указаны все возможные значения варьирующего признака.

**Объем выборки** – общее число дат вариационного ряда (n).

**Частота** – повторяемость одного и того же значения признака в вариационном ряду (f).

**Средняя арифметическая** – обобщенная, абстрактная характеристика всей совокупности в целом ( $\bar{x}_{\text{выборки}}$ ).

$$\bar{x}_{\text{выборки}} = \sum f x / n$$

#### ПРИМЕР:

Высота 15-ти растений подсолнечника, см:

98; 90; 105; 100; 95; 105; 103; 100; 96; 98; 100; 103; 90; 91; 90

1) Определяем частоты встречаемости дат

$$f(98) = 2$$

$$f(90) = 3$$

$$f(105) = 2$$

$$f(100) = 3$$

$$f(95) = 1$$

$$f(103) = 2$$

$$f(96) = 1$$

$$f(91) = 1$$

Сумма частот равна объему выборки:

$$\sum f = n = 15$$

$$\bar{x}_{\text{выборки}} = \sum f x / n = 97,4 \text{ см} - \text{средняя высота подсолнечника}$$

$(x - \bar{x})$	$(x - \bar{x})^2$
0,6	0,36
- 7,4	54,76
7,6	57,76
2,6	6,76
- 2,4	5,76
7,6	57,76
5,6	31,36
2,6	6,76
- 1,4	1,96
0,6	0,36
2,6	6,76
5,6	31,36
- 7,4	54,76

- 6,4	40,96
- 7,4	54,76

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

$$\sum (x - \bar{x})^2 = 412,2$$

Сумма всех отклонений равна нулю.

Для того, что бы найти **среднее отклонение**, нужно:

- 1) возвести все отклонения в квадрат  $(x - \bar{x})^2$
- 2) найти сумму квадратов отклонений  $\sum (x - \bar{x})^2$
- 3) эту сумму квадратов отклонений разделить на объем выборки
- 4) извлечь квадратный корень.

**Дисперсия** – это среднее арифметическое квадратов отклонений отдельных значений вариант от средней вариационного ряда.

$$S^2 = \sum (x - \bar{x})^2 : (n - 1) = 412,2 : (15-1) = 29,4 \text{ см,}$$

где «n» - **объем выборки**, «n – 1» – **число свободных дат**

*Средняя изменчивость высоты 15-ти растений подсолнечника равна квадратному корню из дисперсии:*

$$S = \sqrt{29,4} = 5,4 \text{ г.}$$

**Стандартное отклонение** – это средняя величина изменчивости признака (мера варьирования), см.  $S = \sqrt{S^2}$

**Пестрота** – это степень неоднородности изменчивости признака.

$$V = (S : \bar{x}) \cdot 100$$

$$V = 5,4 : 97,4 \cdot 100 = 5,54 \%$$

**Выравненность** - это степень однородности изменчивости признака (100% минус пестрота).

$$B = 100 - V$$

$$B = 100 - 5,54 = 94,46 \%$$

Если  $V < 10 \%$ ,  $B > 90\%$ , следовательно, пестрота признака не значительная, **выравненность значительная**;

Если  $V$  от 10 до 20%,  $B$  от 80 до 90%, следовательно, пестрота признака средняя, **выравненность средняя**;

Если  $V > 20\%$ ,  $B < 80 \%$ , следовательно, пестрота признака значительная, **опыт проводить нельзя**.

**Ошибка выборочной средней** ( $S_{\bar{x}}$ ) – является мерой отклонения выборочной средней ( $\bar{x}$ ) от средней всей (генеральной) совокупности ( $\bar{x}_0$ ).

$$S_{\bar{x}} = S : \sqrt{n} = 5,4 : \sqrt{15} = 1,42 \text{ см}$$

$S_{\bar{x}}$  так же имеет название **абсолютной ошибки выборочной средней**, т.к. измеряется в абсолютных единицах: см, ц/га, т, шт., и др.

**Точность опыта** ( $S_{\bar{x}}\%$ ) показывает, на сколько опыт проведен методически верно, правильно.

$S_{\bar{x}}\%$  так же имеет название **относительной ошибки средней**, т.к. измеряется в относительных единицах - процентах.

$$S_{\bar{x}}\% = (S_{\bar{x}} : \bar{x}_0) \cdot 100$$

$$\text{В нашем примере } S_{\bar{x}}\% = 1,42 : 97,4 \cdot 100 = 1,46 \%$$

Точность проведения опыта оценивается по шкале:

Менее 2% - отличная

2-3% - хорошая

3-5% - вполне удовлетворительная

5-7% - удовлетворительная

Более 7% - неудовлетворительная, опыт проведен методически не верно, с большим числом ошибок.

## 2.7 Практическое занятие 9 (2 часа)

**Тема: Группировка и статистическая обработка данных при количественной изменчивости**

### 2.7.1 Задание для работы:

1. Провести ранжирование и группировку данных вариационного ряда.
2. Провести статистическую обработку статистическая обработка данных при количественной изменчивости.

### 2.7.2 Краткое описание проводимого занятия:

Вводные пояснения

Метод основан на объединении дат большого вариационного ряда в классы (группы) В агрономических исследованиях изменчивость бывает качественная и количественная. Если объекты отличаются друг от друга по массе, размеру, высоте, объему и др., т.е. имеют единицы измерения, то проявляется *количественная* изменчивость; если по форме, цвету, вкусу – то мы наблюдаем *качественную* изменчивость. При изучении количественной изменчивости получают вариационные ряды, они бывают малые и большие.

Вариационный ряд, который содержит менее 30 дат ( $n < 30$ ), называется *малым*. Вариационный ряд, содержащий более 30 дат, считается *большой выборкой*. Данные больших вариационных рядов для упрощения математической обработки объединяют в группы.

Число групп (классов) зависит от объема выборки. Если  $n = 30 - 60$ , рекомендуется брать 6 – 7 групп;  $n = 60 - 100$  берут 7 – 8 групп; более 100 – 8 – 15 групп. Число классов обозначается «к».

Обработку большого вариационного ряда начинают с *ранжирования*: расположения дат в порядке возрастания либо убывания, получая ранжированный вариационный ряд.

Пример. Обработайте данные по урожайности яровой пшеницы на рекогносцировочном посеве, ц/га.

20,8	20,9	24,2	22,8	22,1	21,8
21,0	21,1	24,4	23,0	22,3	22,0
21,4	21,2	21,2	21,4	21,3	21,1
21,6	21,4	21,4	21,6	21,4	21,3
21,6	22,0	17,3	16,5	23,3	24,8

«Рекогносцировка» – это разведка.

Рекогносцировочным называется сплошной посев одной культуры на всей площади опытного участка с целью разведки почвенного плодородия перед закладкой опыта на нем. Урожайность затем учитывается одинаковыми делянками (равными по своему размеру). Данные по урожайности записывают в большие вариационные ряды и обрабатывают методом группировки.

1. Ранжированный вариационный ряд: 16,5 ... 24,8
2. Объем выборки  $n = 30$
3. Максимальная дата 24,8
4. Минимальная дата 16,5
5. Размах колебаний вариационного ряда  $R = X_{\max} - X_{\min} = 8,3$
6. Число классов,  $k = 6$
7. Классовый промежуток  $i = 1,38$
8. Рабочая вспомогательная таблица:

Классы	Среднее значение класса,	Частота $f$	Отклонения от $A$ $xv-A$	Произведения $f(xv-A)$	Квадраты отклонений $(xv-A)^2$	Произведения $f(xv-A)^2$

	xv					
1	2	3	4	5	6	7
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

Примечания: 1. За начало 1-го класса берем  $X_{\min}=16,5$ , вычисляем конечное значение класса: прибавляем интервал и вычитаем 0,1:  $16,5+1,38-0,1=17,78$ , – т.е. в первый класс мы включаем все значения от 16,50 до 17,78. Пишем в графу № 1: 16,5 -17,78. За начало второго класса берем конечное первого плюс 0,1( $17,78+0,1=17,88$ ). Конечное значение второго класса:  $17,88+1,38-0,1=19,16$ . Пишем в строку № 2: 17,88-19,16. Аналогично заполняем все классы. Максимальное значение шестого класса можно не рассчитывать, а записать  $X_{\max}$  вариационного ряда 24,8. Таким образом, весь вариационный ряд мы разбили на 6 групп, т.е. сгруппировали.

2. Среднее значение каждого класса,  $X_v$  – это середина класса, находится как средняя арифметическая между начальным и конечным значениями групп: 1 гр.:  $(16,50+17,78):2=17,14$ ; 2 гр.:  $(17,88+19,16):2=18,52$ .

3. Частота ( f ) – это количество значений в ранжированном вариационном ряду, входящих в каждую группу. Например, в первую группу 16,50-17,78 входят две даты: 16,5 и 17,3. Сумма всех частот должна быть равна объему выборки.

4. Произвольное начало, условная средняя A – это средняя  $X_n$  того класса, в котором максимальное значение f, исключая первый и последний классы, т.к. средняя выборки не может находиться в начале или в конце вариационного ряда.

9. Вычисляем основные статистические характеристики:

Средняя большого вариационного ряда:  $\bar{x} = A + \frac{\sum f(X_v - A)}{n}$

Корректирующий фактор:  $S^2 = \frac{\sum f(X_v - A)^2 - C}{n - 1}$

Дисперсия:  $C = \frac{[\sum f(X_v - A)]^2}{n}$

Стандартное отклонение

Коэффициент вариации (пестрота плодородия почвы на участке)

Вывод: \_\_\_\_\_

Ошибка средней

Относительная ошибка средней

Вывод: \_\_\_\_\_

Доверительный интервал средней генеральной  $X_{ген} = X_{выб} \pm t \times S_x$ , где t – критерий Стьюдента

Общие выводы:

1. Средняя урожайность яровой пшеницы на рекогносцировочном посеве составила \_ ц/га.
2. Точность проведения опыта \_\_%
3. Можно ли проводить полевой опыт на данном участке, если исходить из полученного коэффициента вариации (пестроты плодородия почвы)?

## 2.8 Практическое занятие 10 (2 часа)



## Тема: Оценка существенности разности средних независимых и сопряженных выборок по t-критерию

### 2.8.1 Задание для работы:

1. Ознакомиться с методикой оценки существенности разности средних независимых и сопряженных выборок по t-критерию.
2. Провести на примере оценку существенности средних выборочных разностей методом и сделать выводы.

### 2.8.2 Краткое описание проводимого занятия:

Данный метод применяется для математической обработки данных вегетационного (несопряженные выборки) и полевого опытов (сопряженные выборки).

Выборки называются сопряженными, если растения, подлежащие изучению, были связаны между собой наличием пестроты почвы (как в полевом опыте).

Выборки, которые не связаны наличием пестроты плодородия почвы, называются несопряженными (в вегетационном опыте растения выращиваются в отдельных сосудах).

Полевой опыт должен при этом содержать 2, 3 или 4 варианта при стандартном методе размещения. При этом методе проводится попарное сравнение всех вариантов между собой. Так, если требуется проанализировать 4 варианта опыта, то получается шесть пар сравнения:

1. А
2. В
3. С
4. D

А-В, А-С, А-D, В-С, В-D, С-D.

При этом урожайность каждого варианта опыта должна быть получена в нескольких повторностях.

Повторность – число одноименных делянок (одного и того же варианта опыта).

При разностном методе находится разность между урожаями по каждому повторению:

$$d = x_1 - x_2,$$

затем находим среднюю разность:  $\bar{d} = \frac{\sum d}{n}$

После нахождения средней разности ( $\bar{d}$ ) определяем **ошибку средней разности** ( $S_d$ ) по

формуле:  $S_d = \sqrt{\frac{(\sum d^2) - (\sum d)^2 \div n}{n(n-1)}}$ , где  $(\sum d)^2 \div n$  – корректирующий фактор; (n-1)

– число степеней свободы, n – число пар сравнения.

Пример

Повторности	Урожайность (ц/га) по вариантам		Разность в урожаях d
	вариант А	вариант В	
1	33,5	30,5	+3,0
2	34,3	33,2	+1,1
3	36,0	34,4	+1,6
4	32,6	29,9	+2,7
Сумма	$\Sigma x = 136,4$	$\Sigma x = 128,0$	$\Sigma d = 8,4$
Среднее	$\bar{x}_a = 34,1$	$\bar{x}_b = 32,0$	$\bar{d} = 2,1$

Существенность средней разности устанавливают сравнением фактического критерия Стьюдента ( $t_{\text{факт.}}$ ) с теоретическим ( $t_{\text{теор.}}$ ).

$$t_{\text{факт.}} = \frac{\bar{d}}{S_d}$$

Теоретическое значение критерия Стьюдента ( $t_{\text{теор.}}$ ) находят по приложению 1

(значения критерия Стьюдента) с учетом числа степеней свободы и уровня значимости, используют уровни значимости  $t_{01}$  и  $t_{05}$ . Средняя разность  $\bar{d}$  существенная, если  $t_{\text{факт.}}$  больше или равно  $t_{\text{теор.}}$ . При  $t_{\text{факт.}}$  меньше  $t_{\text{теор.}}$  – средняя разность не существенна.

**Задание:** Урожайность озимой пшеницы по разным предшественникам, ц/га.

№ варианта	Предшественники озимой пшеницы	Урожайность зерна по повторениям			
		1	2	3	4
1	Пар чистый (контроль)	38,8	35,0	34,9	33,6
2	Овес + горох на сенаж	20,1	19,7	21,3	19,4
3	Озимая рожь	18,7	17,9	18,5	18,1

Провести оценку существенности средних выборочных разностей методом и сделать выводы.

## 2.9 Практическое занятие 11-12 (4 часа)

**Тема:** Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта с однолетними культурами

### 2.9.1 Задание для работы:

1. Изучить методику проведения дисперсионного анализа данных однофакторного полевого опыта с однолетними культурами.
2. Овладеть навыками проведения дисперсионного анализа данных однофакторного полевого опыта с однолетними культурами.

### 2.9.2 Краткое описание проводимого занятия:

Вводные пояснения

Сущность метода:

1. Позволяет оценить результаты опыта в целом (по  $\bar{y}$ ,  $s^2$ ) и установить существенные различия между вариантами опыта (по НСР) и между повторностями по пестроте плодородия почвы.

НСР – наименьшая существенная разность, – та минимальная разница между урожаями на делянках опыта, которая математически доказана, т.е. является достоверной.

2. В полевом опыте на растения, а следовательно, и на полученный урожай, действуют факторы трех групп:

- пестрота плодородия почвы (является не изучаемым фактором);
- варианты опыта (изучаемые факторы);
- случайные ошибки.

В вегетационном опыте – факторы двух групп:

- варианты опыта;
- ошибки.

Дисперсионный метод позволяет определить степень влияния каждого фактора в отдельности, а также суммарное их влияние на результативный признак.

Определение комплексного влияния всех факторов вместе и каждого в отдельности на результативный признак и составляет сущность метода.

**ПРИМЕР.** Обработайте данные однофакторного полевого опыта по изучению способов основной обработки почвы под яровую пшеницу при помощи дисперсионного анализа.

### 1. Таблица урожаев

Варианты опыта	Повторности, х				Суммы по вариантам (V)	$\bar{x}$
	1	2	3	4		
1. (к) Вспашка 20 – 22 см	10,2	13,2	13,7	9,6	V1=46,7	11,7
2. Безотвальное рыхление 20 – 22 см	10,8	11,3	12,2	12,0	V2=46,3	11,6
3. Поверхностная обраб. 12 – 14 см	19,1	19,9	19,6	19,2	V3=77,8	19,45
4. Нулевая обработка	18,2	19,1	19,7	18,8	V4=75,8	18,95
Сумма по повторениям Р	P1=58,3	P2=63,5	P3=65,2	P4=59,6	$\sum x=246,6$	$\bar{x}_o=15,4$

$\sum x = P1 + P2 + P3 + P4 = V1 + V2 + V3 + V4$ , сумма всех дат (сумма всех поделочных урожаев)

$$\bar{x}_o = \frac{\sum x}{N}$$

$$N = l \times n$$

где,  $l$  – число вариантов в опыте;

$n$  – число повторений.

Средняя урожайность по опыту составила 15, 4 ц/га.

Находим произвольное начало «А» – целое, запоминающееся число, близкое к средней генеральной.

$$\bar{x}_o = 15,4 \rightarrow A = 15$$

### 2. Таблица преобразованных дат

(таблица отклонений и квадратов отклонений от произвольного начала А)

Варианты опыта	Отклонение от произвольного начала (x-A)				Сумма по вариантам $V_A$	Квадраты отклонений $(x-A)^2$				$V_A^2$
	1	2	3	4		1	2	3	4	
1	-4,8	-1,8	-1,3	-5,4	-13,3	23,04	3,24	1,69	29,16	176,89
2	-4,2	-3,7	-2,8	-3,0	-13,7	17,64	13,69	7,84	9,0	187,69
3	4,1	4,9	4,6	4,2	17,8	16,81	24,01	21,16	17,64	316,84
4	3,2	4,1	4,7	3,8	15,8	10,24	16,81	22,09	14,44	249,64
Сумма по повторениям $P_A$	-1,7	3,5	5,2	-0,4	$\sum (x-A) = 6,6$	2,89	12,25	27,04	0,16	$[\sum (x-A)]^2 = 43,56$

1. Общее число наблюдений:

$$N = l \times n = 16$$

1. Корректирующий фактор, поправка на математическую неточность:

$$C = \frac{[\sum (x - A)]^2}{l \times n} = \frac{43,56}{16} = 2,72$$

1. Виды варьирования:

а) общее варьирование  $C_v$  – суммарное влияние всех трех групп факторов на

изменчивость величины урожаев (пестрота плодородия почвы, изучаемые варианты, ошибки)

$$C_y = \sum (x - A)^2 - C$$

$$C_y = (23,04 + 3,24 + 1,69 + 29,16 + 17,64 + 13,69 + 7,84 + 9,0 + 16,81 + 24,01 + 21,16 + 17,64 + 10,24 + 16,81 + 22,09 + 14,44) - 2,72 = 245,78$$

б) варьирование повторений  $C_p$  – влияние пестроты плодородия почвы на изменчивость урожаев на делянках опыта

$$C_p = \frac{\sum P_A^2}{l} - C$$

$$C_p = (2,89 + 12,25 + 27,04 + 0,16) : 4 - 2,72 = 7,865$$

в) варьирование вариантов  $C_v$  – обусловлено влиянием изучаемых вариантов опыта на изменчивость урожаев на делянках опыта

$$C_v = \frac{\sum V_A^2}{n} - C$$

$$C_v = (176,89 + 187,69 + 316,84 + 249,64) : 4 - 2,72 = 230,045$$

г) остаточное варьирование  $C_z$  – обусловлено влиянием различных видов ошибок (случайных, систематических) на изменчивость урожаев на делянках опыта

$$C_z = C_y - (C_p + C_v) = 245,78 - (7,865 + 230,045) = 7,87$$

Вывод: на варьирование урожаев в большей степени повлияли изучаемые варианты – приемы обработки почвы. Намного меньшее, одинаковое влияние на результаты опыта оказали варьирование повторений: пестрота плодородия почвы и ошибки.

### 3. Таблица дисперсионного анализа

Виды варьирования	Сумма квадратов	Число степеней свободы (V)	Средний квадрат (S <sup>2</sup> )	F		
				фактическое	теоретическое	
					0,05	0,01
Общее	$\sum (x-A) - C$ 245,78	$l \cdot n - 1 = 15$				
Повторений	$\sum P_A^2 : l - C$ 7,865	$n - 1 = 3$				
Вариантов	$\sum V_A^2 : n - C$ 230,045	$l - 1 = 3$	$S_v^2 = \frac{C_v}{l - 1}$ = = 76,68	$\frac{S_v^2}{S_z^2} = 88,14$	3,86	6,99
Остаточное	$C_z = C_y - (C_p + C_v)$ 7,87	$(l-1)(n-1)$ = 9	$S_z^2 = \frac{C_z}{(l-1) \times (n-1)}$ = = 0,87			

Дисперсия вариантов (S<sub>v</sub><sup>2</sup>) – это отношение варьирования вариантов к числу степеней свободы вариантов.

Дисперсия остаточная ( $S_z^2$ ) – это отношение остаточного варьирования к числу степеней свободы остаточному.

Критерий Фишера – показывает существенность варьирования, т.е. позволяет установить, оказали ли изучаемые варианты опыта существенное влияние на варьирование (изменчивость) урожаев. Критерий Фишера находят фактический и табличный.

Фактический критерий Фишера обусловлен влиянием как изучаемых факторов, так и ошибок.  $F_{\text{факт.}}$  – это отношение дисперсии вариантов к остаточной дисперсии (табл.3).

$F_{\text{факт.}}$  сравнивают с табличным ( $F_{\text{теор.}}$ ), который обусловлен только ошибками.  $F_{\text{теор.}}$  находят по приложению 2 с учетом числа степеней свободы вариантов ( $1 - 1 = 3$ ) и остаточного  $((1-1) \cdot (n-1) = 9)$ , а также уровня значимости при 95 и 99 % уровнях вероятности.

Если  $F_{\text{факт.}} \geq F_{05}$ , варьирование существенно с 95 % вероятностью,  $F_{\text{факт.}} \geq F_{01}$  – варьирование существенно с 99 % вероятностью, т.е. изучаемый фактор оказал существенное влияние на изменчивость урожаев и между изучаемыми вариантами есть существенные различия.

Если фактическое значение критерия Фишера меньше теоретического, то в опыте нет существенного варьирования. В этом случае дисперсионный анализ заканчивается нахождением обобщенной ошибки среднего и точности опыта.

Вывод:  $F_{\text{факт.}} = 88,14 > F_{05} > F_{01} \rightarrow 99\%$  вероятности, что варьирование существенно. Изучаемые приемы обработки почвы оказали существенное влияние на изменчивость урожаев яровой пшеницы, между ними имеются существенные различия.

*Обобщённая ошибка среднего:*

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_z^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,87}{4}} = 0,47$$

*Относительная ошибка (точность опыта):*

$$S_{x\%} = \frac{S_{\bar{x}}}{x_o} \times 100 = \frac{0,47}{15,4} \times 100 = 3,1\%$$

Точность вполне удовлетворительная, опыт проведён методически верно.

$$\text{Средняя ошибка разности: } S_d = 1,414 \times S_{\bar{x}} = 1,414 \times 0,47 = 0,66 \text{ ц}$$

$НСР_{05} = t_{05} \times S_d = 2,26 \times 0,66 = 1,49 \text{ ц}$  – минимальная существенная разница между урожаями (95 % вероятности)

$НСР_{01} = t_{01} \times S_d = 3,25 \times 0,66 = 2,15 \text{ ц}$  – минимальная существенная разница между урожаями (99 % вероятности)

#### 4. Итоговая таблица

Вариант опыта	$\bar{x}$	Отклонение от контроля	Группа
1. (к) Вспашка 20-22 см	11,7	–	–
2. Безотвальное рыхление 20-22 см	11,6	-0,1	II
3. Поверхностная обработка 12-14 см	19,45	+7,75	I
4. Нулевая обработка	18,95	+7,25	I

I группа включает варианты, отклонения которых имеют знак «+» и превышают по своей величине НСР.

II группа включает варианты, отклонения которых могут быть положительными и отрицательными, но по своей абсолютной величине они не выходят за пределы НСР.

III группа включает варианты, отклонения которых имеют знак «-» и по своей абсолютной величине они превышают НСР.

Вывод: существенное отклонение от контроля в большую сторону показали варианты 3 и 4: наибольшее (7,75 ц) – вариант 3: поверхностная обработка на 12 – 14 см, чуть меньше (7,25 ц) – вариант 4: нулевая обработка. Наравне с контролем проявил себя вариант 2 – безотвальное рыхление 20 – 22 см. Разница между контролем и этим вариантом не существенна и составила – 0,1 ц.  $\bar{x}$  в опыте составило 15,4 ц/га. Точность опыта вполне удовлетворительная, опыт проведен методически верно. На результаты опыта в большей степени повлияло варьирование вариантов, и одинаковое, но незначительное влияние оказали варьирования повторений и ошибок.

НСР<sub>05</sub> = 1,49 ц; НСР<sub>01</sub> = 2,15 ц.

## 2.10 Практическое занятие 13-14 (4 часа)

**Тема: Дисперсионный анализ данных многофакторного полевого опыта проведенного методом рандомизированных повторений**

### 2.10.1 Задание для работы:

1. Изучить дисперсионный анализ данных многофакторного полевого опыта проведенного методом рандомизированных повторений.
2. Овладеть навыками проведения дисперсионного анализа данных многофакторного полевого опыта проведенного методом рандомизированных повторений.

### 2.10.2 Краткое описание проводимого занятия:

Вводные пояснения

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

В полевом эксперименте эффект от совместного применения нескольких изучаемых факторов может быть различным: положительным, отрицательным либо нейтральным.

Синергизм – это положительное взаимодействие двух и более изучаемых факторов.

Антагонизм – если эффект от совместного применения нескольких факторов меньше суммы эффектов от реального применения каждого из них.

Аддитивизм – если взаимодействие нескольких факторов математически не доказано или эффект от их раздельного применения не превышает суммарный эффект.

В полевом многофакторном опыте варианты и повторения размещают методом расщепленных делянок, т.е. каждая делянка по фактору А будет делиться на микроделянки по фактору В. Так, если  $I_a = 2$ ,  $I_b = 5$ , то получается 10 вариантов. Если опыт заложить в четырех повторениях,  $n = 4$ , то всего в опыте будет 40 делянок. Делянки по фактору А называются делянками первого порядка, по фактору В – делянками второго порядка, и т.д.

Фактор А – глубина зяблевой пахоты (20 – 22 и 25 – 27 см).

Фактор В – дозы фосфора (0; 10; 15; 20 и 25 кг/га д.в.)

#### I этап

Таблица 1 – Урожайность яровой пшеницы в зависимости от глубины зяблевой пахоты и доз фосфора, ц/га.

Фактор А – глубина вспашки, см	Фактор В – фосфор, кг/га д.в.	Урожайность по повторениям, х				Сумма, V	Среднее, $\bar{x}$
		1	2	3	4		
О) 20 – 22	0-контроль	22	20	24	26	92	23,0

	1 - 10	26	23	26	29	104	26,0
	2 - 15	29	28	31	31	119	29,0
	3 - 20	31	35	30	31	127	31,8
	4 - 25	31	30	32	30	123	30,8
1) 25 – 27	0-контроль	25	22	28	24	99	25,0
	1 - 10	28	29	32	28	117	29,2
	2 - 15	29	31	34	36	130	32,5
	3 - 20	34	36	37	32	139	34,8
	4 - 25	36	40	42	36	154	38,5
Сумма Р		291	294	316	303	Σx =1204	$\bar{x}_o = 30,1$

Средняя генеральная урожайность по опыту составила 30,1 ц/га.

Находим произвольное начало «А» – условную среднюю.  $\bar{x}_o = 30,1 \rightarrow A = 30,0$

Таблица 2 – Отклонения и квадраты отклонений от А = 30

Фактор А, глубина вспашки, см	Фактор В, дозы Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> , кг/га д.в.	х-А				VA	(х-А) <sup>2</sup>				VA <sup>2</sup>
		1	2	3	4		1	2	3	4	
20 – 22	0	-8	-	-6	-4	-28	64	100	36	16	784
	10	-4	10	-4	-1	-16	16	49	16	1	256
	15	-1	-7	1	1	-1	1	4	1	1	1
	20	1	-2	0	1	7	1	25	0	1	49
	25	1	5	2	0	3	1	0	4	0	9
25 – 27	0	-5	-8	-2	-6	-21	25	64	4	36	441
	10	-2	-1	2	-2	-3	4	1	4	4	9
	15	-1	1	4	6	10	1	1	16	36	100
	20	4	6	7	2	19	16	36	49	4	361
	25	6	10	12	6	34	36	100	144	36	1156
РА		-9	-6	16	3	Σ(х-А) = 4	81	36	256	9	[Σ(х-А)] <sup>2</sup> = 6

Общее число наблюдений  $N = l_A \times l_B \times n = 2 \times 5 \times 4 = 40$

$$\text{Корректирующий фактор } C = \frac{[\sum(x - A)]^2}{N} = \frac{16}{40} = 0,4$$

Виды варьирования:

$$\text{Общее } C_y = \sum(x-A)^2 - C = 954 - 0,4 = 953,6$$

$$\text{Повторений } C_p = \frac{\sum P_A^2}{l_A \times l_B} - C = \frac{81 + 36 + 256 + 9}{2 \times 5} - 0,4 = 38,2 - 0,4 = 37,8$$

$$\begin{aligned} \text{Вариантов } C_v = \frac{\sum V_A^2}{n} - C &= \frac{784 + 256 + 1 + 49 + 9 + 441 + 9 + 100 + 361 + 1156}{4} - 0,4 = \frac{3166}{4} - 0,4 \\ &= 791,5 - 0,4 = 791,1 \end{aligned}$$

$$\text{Остаточное } C_z = C_y - C_p - C_v = 953,6 - 37,8 - 791,1 = 124,7$$

## II этап

Варьирование по вариантам (Cv) разлагаем на варьирования, обусловленные:

Глубиной вспашки (А)

Дозой фосфора (В)

Взаимодействием этих факторов (АВ)

$$C_v = C_A + C_B + C_{AB}$$

Для этого определяем сумму квадратов отклонений по факторам А, В, АВ путем составления таблицы главных факторов и их взаимодействия, в которую вписываем суммы отклонений урожаев по вариантам (из таблицы 2)

Таблица 3 – Главные факторы и их взаимодействия суммы отклонений урожаев от А = 30 по вариантам, ц/га.

Глубина вспашки, см, (А)	Дозы удобрений, кг д.в., (В)					Суммы отклонений по фактору А (V <sub>A</sub> )
	0	10	15	20	25	
0) 20 – 22	-28	-16	-1	7	3	-35
1) 25 – 27	-21	-3	10	19	34	39
Суммы отклонений по фактору В (V <sub>B</sub> )	-49	-19	9	26	37	ΣX = 4

Определяем варьирование, обусловленное глубиной вспашки:

$$C_A = \frac{\sum V_A^2}{l_B \times n} - C = \frac{(-35)^2 - 39^2}{5 \times 4} - 0,4 = \frac{1225 - 1521}{20} - 0,4 = \frac{2746}{20} - 0,4 = 137,3 - 0,4 = 136,9$$

Определяем варьирование, обусловленное дозой удобрений:

$$C_B = \frac{\sum V_B^2}{l_A \times n} - C = \frac{(-49)^2 + (-19)^2 + 9^2 + 26^2 + 37^2}{2 \times 4} - 0,4 = \frac{2401 + 361 + 81 + 676 + 1369}{8} - 0,4 = \frac{4888}{8} - 0,4 = 611 - 0,4 = 610,6$$

Определяем варьирование, обусловленное взаимодействием факторов А и В

$$C_{AB} = C_v - C_A - C_B + 791,1 - 136,9 - 610,6 = 43,6$$

Примечание:

а) при определении C<sub>A</sub> число степеней свободы будет равно l<sub>A</sub> – 1 = 2 – 1 = 1;

б) для C<sub>B</sub> число степеней равно l<sub>B</sub> – 1 = 5 – 1 = 4;

в) для C<sub>AB</sub> число степеней равно (l<sub>A</sub> – 1)(l<sub>B</sub> – 1) = 1 · 4 = 4.

Составляем таблицу дисперсионного анализа для определения существенности действия и взаимодействия изучаемых факторов по критерию Фишера (F)

Таблица 4 – Многофакторный дисперсионный анализ

Виды варьирования	Сумма квадратов отклонений	Степени свободы	Дисперсия S <sup>2</sup>	F	
				фактический	теоретический
					05      01
Общее (C <sub>y</sub> )	953,6	l <sub>A</sub> · l <sub>B</sub> · n = 2 · 5 · 4 - 1 = 39			
Повторений (C <sub>p</sub> )	37,8	n - 1 = 4 - 1 = 3			
Вариантов (C <sub>v</sub> )	791,1	l <sub>A</sub> · l <sub>B</sub> - 1 = 9			
в т.ч.					



глубина вспашки	136,9	$l_A - 1 = 2 - 1 = 1$	$S_A^2$ 136,9	$136,9 : 4,6 = 2$	4,21	7,68
$C_A$	610,6	$l_B - 1 = 5 - 1 = 4$	$S_B^2$ 152,7	9,8	2,72	4,10
дозы фосфора $C_B$	43,6	$(l_A - 1)(l_B - 1) = 4$	$S_{AB}^2$ 10,9	$152,7 : 4,6 = 3$	2,72	4,10
взаимодействий $C_{AB}$	124,7	$(l_A \cdot l_B - 1)(n - 1) = 9 \cdot 3 = 27$	$S_Z^2$ 4,6	3,2		
Остаточное $C_Z$				$10,9 : 4,6 = 2,3$		

$S_A^2 = 136,9 : 1 = 136,9$  (отношение варьирования по фактору А к числу степеней свободы по фактору А);

$S_B^2 = 610,6 : 4 = 152,7$  (отношение варьирования по фактору В к числу степеней свободы по фактору В);

$S_{AB}^2 = 43,6 : 4 = 10,9$  (отношение варьирования по взаимодействию АВ к числу степеней свободы по взаимодействию АВ)

$S_Z^2 = 124,7 : 27 = 4,6$  Остаточное варьирование.

Фактический критерий Фишера равен отношению дисперсии по соответствующему фактору (А; В; или АВ) к остаточной дисперсии  $S_Z^2$

Критерий Фишера теоретический находим в приложении 2 по числу степеней свободы каждого фактора и числу степеней свободы ошибок.

В нашем опыте фактический критерий Фишера ( $F_{\text{факт.}}$ ) от воздействия глубины вспашки и дозы удобрений больше  $F_{\text{теор.}}$  ( $F_{\text{факт.}}$  29,8 – 33,2,  $F_{\text{теор.}}$  7,68 – 4,10), а  $F_{\text{факт.}}$ , обусловленное взаимодействием изучаемых факторов несущественно ( $F_{\text{факт.}} = 2,3$ ,  $F_{\text{станд.}} = 2,7$ )

### III этап

Определяем  $S_{\bar{x}}$ , Sd и НСР для частных различий (поделяночных урожаев).

$$\text{Обобщенная ошибка средней: } S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_Z^2}{n}} = \sqrt{\frac{4,6}{4}} = 1,15 \text{ ц}$$

$$\text{Ошибка средней разности } S_d = 1,414 \times S_{\bar{x}} = 1,51 \text{ ц.}$$

$$\text{НСР}_{05} = t_{05} \times S_d = 2,05 \times 1,51 = 3,1 \text{ ц.}$$

$$\text{НСР}_{01} = t_{01} \times S_d = 2,77 \times 1,51 = 4,2 \text{ ц.}$$

### IV этап

Производим оценку существенности изучаемых факторов и их взаимодействия.

Для фактора А (глубина вспашки)

$$\text{Ошибка разности } S_{d^A} = \sqrt{\frac{2 \times S_Z^2}{n \times l_b}} = \sqrt{\frac{2 \times 4,6}{4 \times 5}} = 0,67 \text{ ц}$$

$$\text{НСР}_{05} = t_{05} \times S_d = 2,05 \times 0,67 = 1,4 \text{ ц.}$$

$$\text{НСР}_{01} = t_{01} \times S_d = 2,77 \times 0,67 = 1,8 \text{ ц.}$$

Для фактора В (дозы фосфора)

$$\text{Ошибка разности } S_{d^B} = \sqrt{\frac{2 \times S_Z^2}{n \times l_a}} = \sqrt{\frac{2 \times 4,6}{4 \times 2}} = 1,07 \text{ ц}$$

$$\text{НСР}_{05} = t_{05} \times S_d = 2,05 \times 1,07 = 2,2 \text{ ц.}$$

$$\text{НСР}_{01} = t_{01} \times S_d = 2,77 \times 1,07 = 3,0 \text{ ц.}$$

$$\text{Для взаимодействия факторов А и В } S_{d^{AB}} = \sqrt{\frac{2 \times S_Z^2}{l_B \times l_a}} = \sqrt{\frac{2 \times 4,6}{5 \times 2}} = 0,96 \text{ ц}$$

$$\text{НСР}_{05} = t_{05} \times S_d = 2,05 \times 0,96 = 2,0 \text{ ц.}$$

$$\text{НСР}_{01} = t_{01} \times S_d = 2,77 \times 0,96 = 2,6 \text{ ц.}$$

Таблица 5 – Итоговая таблица урожайности, ц/га

Глубина вспашки, см (А)	Дозы фосфора, кг/га (В)					Среднее по фактору А НСП <sub>05</sub> =1,4 ц НСП <sub>01</sub> =1,8 ц
	0	10	15	20	25	
20 – 22	23,0	26,0	29,0	31,8	30,8	28,1
25 – 27	25,0	29,2	32,5	34,8	38,5	32,0
Среднее по фактору В НСП <sub>05</sub> = 2,2 ц НСП <sub>01</sub> = 3,0 ц	24,0	27,6	30,8	33,3	34,6	30,1

НСП<sub>05</sub> = 3,1 ц; НСП<sub>01</sub> = 4,2 ц – для сравнения частных различий

НСП<sub>05</sub> = 1,4 ц; НСП<sub>01</sub> = 1,8 ц – для сравнения разности средней по фактору А

НСП<sub>05</sub> = 2,2 ц; НСП<sub>01</sub> = 3,0 ц – для сравнения разности средней по фактору

**ВЫВОДЫ:**

При сравнении частных различий мы берем один из вариантов за контроль, например вариант с вспашкой на глубину 20 – 22 см без удобрений, где урожайность равна 23 ц/га. Сравнивая его с урожайностью всех других вариантов по этой глубине, но с разными дозами фосфора, а также со всеми вариантами при глубине 25 – 27 см, мы будем иметь показатели варьирования урожаев. Их сравниваем с НСП<sub>05</sub> = 3,1 ц и делаем вывод о существенности или несущественности различий в урожаях.

В нашем примере 26,0 – 23,0 = 3,0 ц разность несущественна.

1. В целом, при вспашке на 20 – 22 см существенными оказались варианты, в которых вносились дозы фосфора по 15, 20 и 25 кг/га д.в., где прибавки оказались, соответственно, 6,0, 8,8 и 7,8 ц/га.

2. Лучшей дозой при вспашке на глубину 20 – 22 см оказалась 20 кг/га д.в.

3. Увеличение глубины вспашки до 25 – 27 см, в вариантах без удобрений не дало существенного повышения урожайности ( $d = 2$  ц/га, а НСП<sub>05</sub> = 3,1 ц/га).

4. При вспашке на 25 – 27 см все изучаемые дозы фосфора существенно повысили урожайность яровой пшеницы от 4,2 ц/га (10 кг/га д.в.) до 13,5 ц/га (доза 25 кг/га д.в.). Большой урожай зерна яровой пшеницы получен при максимальной дозе фосфора – 25 кг/га д.в. С гектара этого варианта получено 38,5 ц/га, что на 13,5 ц выше урожая на контроле.

Оценивая влияние взаимодействия факторов, можно сказать, что увеличение глубины обработки повышает урожайность на 2 ц/га (25,0 – 23,0), удобрения (10 кг/га) повышает на 3 ц/га (26,0 – 23,0), т.е. всего на 5 ц/га (2 + 3).

## 2.11 Практическое занятие 15 (2 часа)

**Тема: Корреляционный и регрессионный анализ количественных показателей**

### 2.11.1 Задание для работы:

1. Изучить методику корреляционного и регрессионного анализа количественных показателей.
2. Овладеть навыками проведения корреляционного и регрессионного анализа количественных показателей.

### 2.11.2 Краткое описание проводимого занятия:

**Вводные пояснения**

В агрономических исследованиях важно выяснить какова зависимость между двумя или несколькими признаками, установить их взаимную связь. Например, существует ли

связь между урожаем пшеницы и количеством осадков, урожаем и густотой посева и т.д. Для выяснения этого используют статистические методы – корреляцию и регрессию.

Изменчивость одного признака может находиться в некотором соответствии с изменчивостью другого. В ряде случаев зависимость между признаками «х» и «у» проявляется настолько сильно, что при изменении первого на определенную величину, второй всегда также изменяется на определенную величину, и каждому значению «х» всегда соответствует определенное единственное значение «у». Такие простые связи между двумя переменными величинами называются функциональными. Например, каждому определенному значению давления газа соответствует строго определенный объем этого газа, т.к. по закону Бойля-Мариотта объем газа обратно пропорционален давлению.

В биологии и сельском хозяйстве животные, растения развиваются под действием большого числа факторов, которые по – разному влияют на проявление различных признаков. Здесь чаще встречаются такие взаимоотношения между переменными, когда каждому определенному значению признака «х» соответствует не одно, а множество возможных значений признака «у», т.е. их целое распределение.

Рассеяние этих возможных значений объясняется влиянием очень большого количества дополнительных факторов, которые мы не учитываем. Так, известно, что урожайность зависит от количества удобрений, но одно оно не определяет урожайность, на нее влияет еще множество других факторов (количество осадков, качество семян, глубина их заделки, способ посева и т.д.), которые и лишают связи между двумя рассматриваемыми величинами характера функциональной зависимости. Такие связи называются корреляционными (корреляция – соотношение, соответствие).

Корреляционная связь, например, между высотой растений «х» и их массой «у» выражается в том, что одному значению «х» может соответствовать неопределенное количество значений «у» и наоборот. Тем не менее, средние значения одной величины, соответствующие средним значениям другой, обнаруживают определенную зависимость от них; с увеличением высоты повышается и средняя масса растений.

Таким образом, между двумя признаками есть корреляционная зависимость, если каждому значению одного из них соответствует неопределенное количество значений другого, но средние из них зависят от величины первого. В сельском хозяйстве часто приходится иметь дело с сопряженной вариацией различных признаков. Например, агроному важно знать, какова корреляция между урожаем и распределением осадков за вегетационный период. Корреляционный метод и позволяет установить степень и направление сопряженности факторов.

Типы корреляции. Различают прямолинейную и криволинейную корреляцию, прямую и обратную, простую и множественную.

Прямолинейная корреляция – с увеличением средней величины одного признака (высота растений), увеличивается средняя величина другого (масса растений), или, наоборот, с увеличением средней величины одного уменьшается средняя величина другого. В 1-ом случае корреляция будет прямой, или положительной, во втором, – обратной, или отрицательной.

Криволинейная корреляция – с увеличением факториального признака, результативный принимает значения, возрастающие до определенной величины, а затем убывающие, или наоборот.

Коэффициент корреляции служит для определения степени связей между двумя переменными «х» и «у». Он находится в пределах от (-1) до (+1).

Если  $r = 0$ , то связь отсутствует.

Если  $r = \pm 1$ , связь полная, и она превращается в функциональную.

При  $r < 0,3$  связь слабая;

$r = 0,3 - 0,7$  – средняя;

$r > 0,7$  – сильная.

Степень сопряженности в вариации двух величин более точно измеряется квадратом коэффициента корреляции ( $r^2$ ) и называется коэффициентом детерминации ( $dxu$ ). Он показывает долю (%) тех изменений, которые в данном явлении зависят от изучаемого фактора. При  $r = 0,5$  коэффициент детерминации  $r^2 = 0,25$ , или 25 %, т.е. 25 % изменчивости одного признака объясняется действием второго, а остальные 75 % влияний на первый признак обусловлены другими факторами.

Корреляция указывает на направление и степень сопряженности и изменчивости признаков, но не дает количественной их зависимости. Это возможно установить с помощью регрессионного анализа. Регрессия показывает величину изменения одного из сопряженных признаков – результативного, зависимого (например, урожая) при определенном изменении другого признака, независимого (например, густота стояния растений).

Зависимость 2-х сопряженных величин выражают коэффициентом регрессии ( $b_{yx}$ ). Это число показывает, на какую величину и в каком направлении изменяется один признак ( $y$ , функция) при изменении другого ( $x$ , аргумента) на одну единицу измерения.

#### ПРИМЕР 1

Установить корреляционную зависимость между урожаем подсолнечника и массой 1000 зерен этой культуры

Значение признаков		Отклонения от средней		Квадраты отклонений		Произведения
урожайность, ц/га «х»	масса 1000 зерен, г «у»	$x - \bar{x}$	$y - \bar{y}$	$(x - \bar{x})^2$	$(y - \bar{y})^2$	$(x - \bar{x}) \times (y - \bar{y})$
108	204	+6	+47	36	2209	+282
113	184	+11	+27	121	729	+297
82	148	-20	-9	400	81	+180
92	160	-10	+3	100	9	-30
109	178	+7	+21	49	441	+147
118	180	+16	+23	250	529	+368
98	121	-4	-36	16	1296	+144
104	105	+2	-52	4	2704	-104
92	128	-10	-29	100	841	+290
104	162	+2	+5	4	25	+10
$\sum x = 1020$	$\sum y = 1570$	$\sum x - \bar{x} = 0$	$\sum y - \bar{y} = 0$	$\sum (x - \bar{x})^2 = 1086$	$\sum (y - \bar{y})^2 = 8864$	$\sum (x - \bar{x}) \times (y - \bar{y}) = 1584$
$\bar{x} = 102$	$\bar{y} = 157$					

Стандартное отклонение для признака  $x$ :  $S_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{1086}{10 - 1}} = 11,0$  ц

Стандартное отклонение для признака  $y$ :  $S_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{8864}{10 - 1}} = 31,4$  г

Коэффициент корреляции  $r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n \times S_x \times S_y} = \frac{1584}{10 \times 11 \times 31,4} = 0,46$ ,

т.е. корреляционная связь средняя

Коэффициент детерминации  $r^2 = 0,46^2 = 0,21$  или 21 %, т.е. степень влияния урожайности на массу 1000 зерен составила 21%.

Находим стандартную ошибку коэффициента корреляции:  $S_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}} = \sqrt{\frac{1 - 0,21}{8}} = 0,3$

Определяем критерий существенности коэффициента корреляции по формуле:

$t_{факт} = \frac{r}{S_r} = \frac{0,46}{0,3} = 1,5$ , теоретический  $t_{05} = 2,3$ ;  $t_{01} = 3,4$  (число степеней свободы  $n - 2 =$   
 8), корреляционная связь не существенна, т.к.  $t_{факт} < t_{табл.}$