

**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 заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	3
1.1 Лекция № 1 Виды экспериментов и требования к полевому опыту.....	3
1.2 Лекция № 2 Основные этапы научного исследования. Размещение вариантов в полевом опыте	9
1.3 Лекция № 3 Математическая статистика и ее задачи.....	16
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	
2.1 Практическое занятие № 1 Выбор темы и формулирование гипотезы опыта. Разработка схемы и структуры эксперимента.....	20
2.2 Практическое занятие № 2 Планирование размещения повторений и вариантов	24
2.3 Практическое занятие № 8 Оценка существенности разности средних независимых и сопряженных выборок по t-критерию.....	26
2.4 Практическое занятие № 9 Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта с однолетними культурами.....	27
2.5 Практическое занятие № ПЗ-10 Дисперсионный анализ данных многофакторного полевого опыта проведенного методом.....	31

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 Лекция № 1 (2 часа)

Тема: «Виды экспериментов и требования к полевому опыту»

1.1.1 Вопросы лекции:

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

1.1.2 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, осуществляющееся 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, осуществляющееся 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.

Фитotron 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 изготавливают лизиметры, могут быть очень разнообразными: делают бетонные и кирпичные лизиметры объемом 1 – 2 м³ 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, самовыявление 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 районируют 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/1 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 раздельного 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 равнозначен 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 последействия 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 польных 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, расположенному 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 оккультуренных 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

соблюдать 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 урожай 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 единства 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.

1.2 Лекция № 2 (2 часа)

Тема: «Основные этапы научного исследования. Размещение вариантов в полевом опыте»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Подготовительный этап (планирование) исследования.
2. Проведение исследований.
3. Оформление научно-исследовательской работы.
4. Классификация методов размещения вариантов
5. Эффективность систематического и рандомизированного размещения вариантов

1.2.3 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 недвигается 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. *problemata* - задача) теоретический или практический вопрос, требующий изучения, разрешения. Важной предпосылкой успешного решения проблемы служит её правильная постановка. Неверно поставленная проблема уводят 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 высеяния 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 отсекшему 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, памятую 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. Изяществу 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 установленной научной терминологии и стандартных обозначениях.

4. 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.

5. 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 жребию, игре случая».

Упрощённые представления о совершенстве и незыблемости 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.

1.3 Лекция № 3 (2 часа)

Тема: «Математическая статистика и ее задачи»

1.3.1 Вопросы лекции:

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

1.3.2 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 односторонность, 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 добрых, 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 урожай 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 груше (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 варианта 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.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1 Практическое занятие 1 (2 часа)

Тема: Выбор темы и формулирование гипотезы эксперимента. Разработка схемы и структуры эксперимента

2.1.1 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.
4. Разработать схему опыта.
5. Составить матрицу планирования.

2.1.2 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. *problemata* - задача) теоретический или практический вопрос, требующий изучения, разрешения. Важной предпосылкой успешного решения проблемы служит её правильная постановка. Неверно поставленная проблема уводят 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 обрачивается 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 (CO_2 , NO_2 , NH_3 , H_2O 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 накопление гумуса при размещении соломы в слое до 6 см в 24 раза активнее, чем при размещении ее в слое ниже 14 см».

Вводные пояснения

После выдвижения и обоснования рабочей гипотезы и темы 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, а0) | 2. 2 млн. зерен (а1) |
| 3. 3 млн. зерен (а2) | 4. 4 млн. зерен (а3) |
| 5. 5 млн. зерен (а4) | |

Если варианты в схеме однофакторного опыта различаются качественно (опыты по сортопротыканию, 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
	A	B	
1	0	0	a ₀ b ₀
2	1	0	a ₁ b ₀
3	0	1	a ₀ b ₁
4	1	1	a ₁ b ₁
5	0	2	a ₀ b ₂
6	1	2	a ₁ b ₂

2.1.3 Результаты и выводы:

Проблема (проблемы) ...

Гипотеза (гипотезы)...

Тема исследований...

2.2 Практическое занятие 2 (2 часа)

Тема: Планирование размещения повторений и вариантов

2.2.1 Задание для работы:

- Используя материалы лекций и водные пояснения ознакомится с основными понятиями, терминами и параметрами необходимыми для решения поставленной цели.
- На основании разработанной на предыдущем занятии схемы полевого опыта произвести научно обоснованное размещение повторений и вариантов.
- Для закрепления полученных знаний выполнить размещение повторений и вариантов по индивидуальному заданию.

2.2.2 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 закладываются 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 нескольку расположены в разных частях поля и опытный участок не имеет одной общей границы. Во втором случае число опытных участков соответствует числу повторностей опыта.

Задания:

- 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).
- Выполнить размещение вариантов на опытных делянках различными методами по

индивидуальным заданиям (табл. 1):

- составить схему опыта по заданному количеству вариантов;
- с учётом площади земельного участка, коэффициента вариации урожайности и характеристики рельефа выбрать способ размещения организованных повторений и метод размещения вариантов по делянкам опытного участка;
- отобразить схему размещения повторений и вариантов в рисунке.

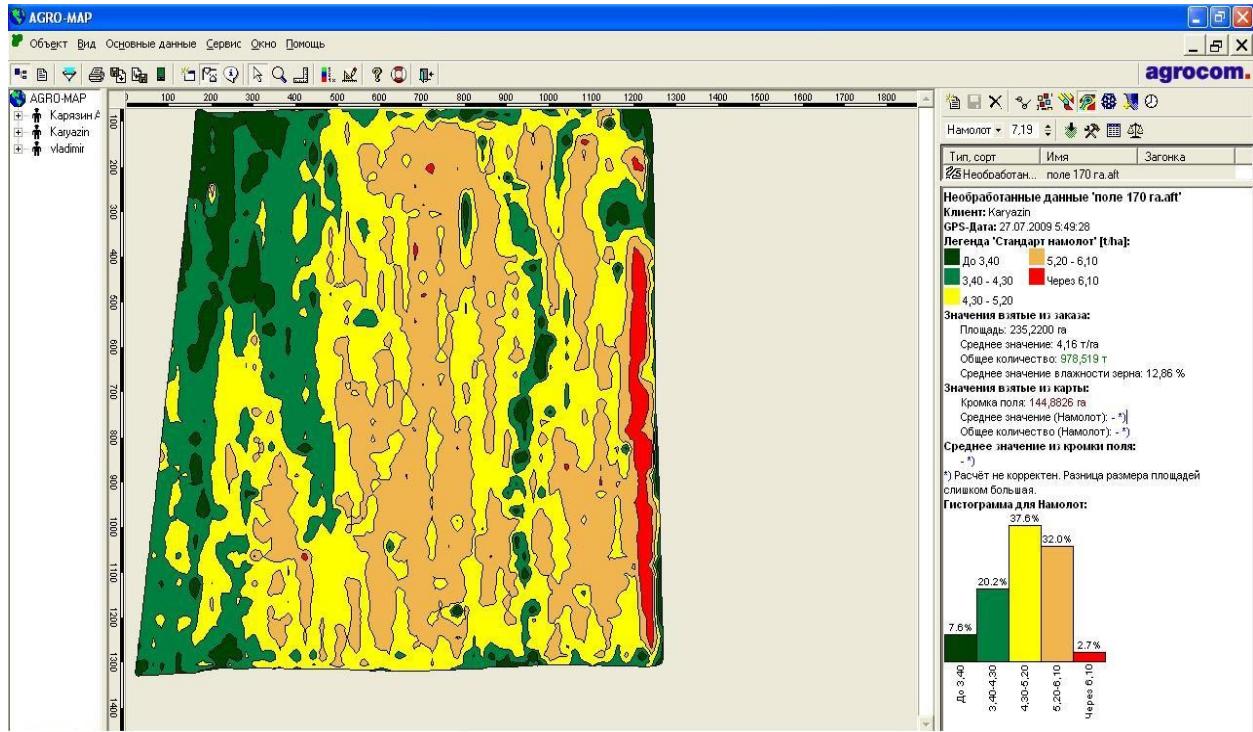


Рисунок 1 – Пример неоднородности плодородия отдельных участков, вызванная особенностями рельефа, технологиями земледелия, скоростью основных почвообразующих процессов и др.

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 ⁰ с востока на запад
3	10	150 x 300	10 < V < 20	уклон 5 ⁰ с севера на юг
4	8	170 x 100	< 10	уклон 1 ⁰ 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 ⁰ с северо-запада на юго-восток
7	11	100 x 400	< 10	уклон 2,0 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 ⁰ 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 ⁰ с северо-запада на юго-восток
12	16	800 x 400	< 10	уклон 1 ⁰ 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 севера-запад

2.1.3 Результаты и выводы: проанализировать правильность размещения повторений и вариантов в соответствии с заданием

2.3 Практическое занятие 3 (2 часа)

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

2.3.1 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 разностным методом и сделать выводы.

2.3.2 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. A
2. B
3. C
4. D

A-B, A-C, A-D, B-C, B-D, C-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	$\bar{x}_a = 34,1$	$\bar{x}_e = 32,0$	$\bar{d} = 2,1$

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

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

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

2.1.3 Результаты и выводы: Провести оценку существенности средних выборочных разностных методом и сделать выводы.

2.4 Практическое занятие 4 (2 часа)

Тема: Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта с однолетними культурами

2.4.1 Задание для работы:

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

2.4.2 Краткое описание проводимого занятия:

Вводные пояснения

Сущность метода:

- Позволяет оценить результаты опыта в целом (по $, ,$) 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.

- 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 варианта м (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

$\Sigma x=P1+P2+P3+P4 = V1+V2+V3+V4$, сумма всех дат (сумма всех поделяночных 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 « A » – 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:

a) общее варьирование C_y – суммарное влияние всех трех групп факторов на изменчивость величины урожаев (пестрота плодородия почвы, изучаемые варианты, ошибки)

$$C_y = \sum (x - A)^2 - C$$

$$C_y = (23,04 + 3,24 + 1,69 + 29,16 + 17,64 + 13,69 + 7,84 + 9,0 + 16,81 + 24,01 + 21,16 + 17,64 + 10,24 + 16,81 + 22,09 + 14,44) - 2,72 = 245,78$$

b) варьирование повторений C_p – влияние пестроты плодородия почвы на изменчивость урожаев на делянках опыта

$$C_p = \frac{\sum P_A^2}{l} - C$$

$$C_p = (2,89 + 12,25 + 27,04 + 0,16) : 4 - 2,72 = 7,865$$

c) варьирование вариантов C_v – обусловлено влиянием изучаемых вариантов опыта на изменчивость урожаев на делянках опыта

$$C_v = \frac{\sum V_A^2}{n} - C$$

$$C_v = (176,89 + 187,69 + 316,84 + 249,64) : 4 - 2,72 = 230,045$$

d) 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^2)	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	$\sum V_A^2 \cdot n - C$ 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	$C_z = C_v - (C_p + C_v)$	$(l-1)(n-1) = 9$	$S_z^2 =$			

	7,87		$\frac{C_z}{(l-1) \times (n-1)} = 0,87$			
--	------	--	---	--	--	--

Дисперсия вариантов (S_v^2) – 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 ($l-1 = 3$) и остаточного ($(l-1) \cdot (n-1) = 9$), 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.

Средняя ошибка разности: $S_d = 1,414 \times S_{\bar{x}} - 1,414 \times 0,47 = 0,66$ ц

$HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,26 \times 0,66 = 1,49$ ц – минимальная существенная разница между урожаями (95 % вероятности)

$HCP_{01} = t_{01} \times S_d = 3,25 \times 0,66 = 2,15$ 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.

2.1.3 Результаты и выводы 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 проведён методически верно. На результаты опыта в большей степени повлияло варьирование вариантов, и одинаковое, но незначительное влияние оказали варьирования повторений и ошибок.

$$HCP_{05} = 1,49 \text{ ц}; HCP_{01} = 2,15 \text{ ц}.$$

2.5 Практическое занятие 5 (2 часа)

Тема: Дисперсионный анализ данных многофакторного полевого опыта проведенного методом рандомизированных повторений

2.5.1 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.

2.5.2 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 $la = 2$, $lb = 5$, 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	$\Sigma x = 1204$	$\bar{x}_o = 30,1$

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 ₂ O ₅ , кг/га д.в.	x-A				VA	(x-A) ²				VA ²
		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
PA		-9	-6	16	3	$\Sigma(x-A) = 4$	81	36	256	9	$[\Sigma(x-A)]^2 = 6$

Общее число наблюдений N = l_A × l_B × n = 2 × 5 × 4 = 40

$$\text{Корректирующий фактор } C = \frac{[\sum(x - A)]^2}{N} = \frac{16}{40} = 0,4$$

Виды варьирования:

$$\text{Общее } Cy = \sum(x-A)^2 - C = 954 - 0,4 = 953,6$$

$$\text{Повторений } Cp = \frac{\sum P_A^2}{l_A \times l_B} - C = \frac{81 + 36 + 256 + 9}{2 \times 5} - 0,4 = 38,2 - 0,4 = 37,8$$

$$\text{Вариантов} \quad \text{CV}=$$

$$\frac{\sum V_A^2}{n} - C = \frac{784 + 256 + 1 + 49 + 9 + 441 + 9 + 100 + 361 + 1156}{4} - 0,4 = \frac{3166}{4} - 0,4$$

$$= 791,5 - 0,4 = 791,1$$

Остаточное $Cz = Cy - Cp - Cv = 953,6 - 37,8 - 791,1 = 124,7$
II этап

Варьирование по вариантам (Cv) разлагаем на варьирования, обусловленные:

Глубиной вспашки (A)

Дозой фосфора (B)

Взаимодействием этих факторов (AB)

$$Cv = CA + CB + CAB$$

Для этого определяем сумму квадратов отклонений по факторам A, B, AB путем составления таблицы главных факторов и их взаимодействия, в которую вписываем суммы отклонений урожая по вариантам (из таблицы 2)

Таблица 3 – Главные факторы и их взаимодействия суммы отклонений урожая от A = 30 по вариантам, ц/га.

Глубина вспашки, см, (A)	Дозы удобрений, кг д.в., (B)					Суммы отклонений по фактору A (VA)
	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 B (VB)	-49	-19	9	26	37	$\Sigma X = 4$

Определяем варьирование, обусловленное глубиной вспашки:

$$CA = \frac{\sum V_A^2}{l_B \times n} - C = \frac{(-35)^2 - 39^2}{5 \times 4} - 0,4 = \frac{1225 - 1521}{20} - 0,4 = \frac{2746}{20} - 0,4 = 137,3 - 0,4$$

$$= 136,9$$

Определяем варьирование, обусловленное дозой удобрений:

$$CB = \frac{\sum V_B^2}{l_A \times n} - C = \frac{(-49)^2 + (-19)^2 + 9^2 + 26^2 + 37^2}{2 \times 4} - 0,4 =$$

$$= \frac{2401 + 361 + 81 + 676 + 1369}{8} - 0,4 = \frac{4888}{8} - 0,4 = 611 - 0,4 = 610,6$$

Определяем варьирование, обусловленное взаимодействием факторов A и B

$$C_{AB} = Cv - CA - CB + 791,1 - 136,9 - 610,6 = 43,6$$

Примечание:

- а) при определении C_A число степеней свободы будет равно $l_A - 1 = 2 - 1 = 1$;
- б) для C_B число степеней равно $l_B - 1 = 5 - 1 = 4$;
- в) для C_{AB} число степеней равно $(l_A - 1)(l_B - 1) = 1 \cdot 4 = 4$.

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 ²	F		
				фактический	теоретический	
				05	01	
Общее (Су)	953,6	$l_A \cdot l_B \cdot n = 2 \cdot 5 \cdot 4 - 1 = 39$				
Повторений (C _P)	37,8	$n - 1 = 4 - 1 = 3$				
Вариантов (Cv) в т.ч.	791,1	$l_A \cdot l_B - 1 = 9$				
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 Cz				$10,9 : 4,6 = 2,3$		

$S_A^2 = 136,9 : 1 = 136,9$ (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 AB к числу степеней свободы по взаимодействию AB)

$S_Z^2 = 124,7 : 27 = 4,6$ Остаточное варьирование.

Фактический критерий Фишера равен отношению дисперсии по соответствующему фактору (A; B; или AB) 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).

$$\text{Обобщенная ошибка средней: } S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_z^2}{n}} = \sqrt{\frac{4,6}{4}} = 1,15 \text{ ц}$$

Ошибка средней разности Sd = $1,414 \times S_x = 1,51$ ц.

$$HCP_{05} = t_{05} \times Sd = 2,05 \times 1,51 = 3,1 \text{ ц.}$$

$$HCP_{01} = t_{01} \times Sd = 2,77 \times 1,51 = 4,2 \text{ ц.}$$

IV этап

Производим оценку существенности изучаемых факторов и их взаимодействия.

Для фактора A (глубина вспашки)

$$\text{Ошибка разности } S_{d^A} = \sqrt{\frac{2 \times S_z^2}{n \times l_b}} = \sqrt{\frac{2 \times 4,6}{4 \times 5}} = 0,67 \text{ ц}$$

$$HCP_{05} = t_{05} \times Sd = 2,05 \times 0,67 = 1,4 \text{ ц.}$$

$$HCP_{01} = t_{01} \times Sd = 2,77 \times 0,67 = 1,8 \text{ ц.}$$

Для фактора B (дозы фосфора)

$$\text{Ошибка разности } S_{d^B} = \sqrt{\frac{2 \times S_z^2}{n \times l_a}} = \sqrt{\frac{2 \times 4,6}{4 \times 2}} = 1,07 \text{ ц}$$

$$HCP_{05} = t_{05} \times Sd = 2,05 \times 1,07 = 2,2 \text{ ц.}$$

$$HCP_{01} = t_{01} \times Sd = 2,77 \times 1,07 = 3,0 \text{ ц.}$$

Для взаимодействия факторов А и В $S_d^{AB} = \sqrt{\frac{2 \times S_z^2}{l_B \times l_a}} = \sqrt{\frac{2 \times 4,6}{5 \times 2}} = 0,96 \text{ ц}$

$$HCP_{05} = t_{05} \times Sd = 2,05 \times 0,96 = 2,0 \text{ ц.}$$

$$HCP_{01} = t_{01} \times Sd = 2,77 \times 0,96 = 2,6 \text{ ц.}$$

Таблица 5 – Итоговая таблица урожайности, ц/га

Глубина вспашки, см (A)	Дозы фосфора, кг/га (B)					Среднее по фактору А HCP ₀₅ =1,4 ц HCP ₀₁ =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 HCP ₀₅ = 2,2 ц HCP ₀₁ = 3,0 ц	24,0	27,6	30,8	33,3	34,6	30,1

HCP₀₅= 3,1 ц; HCP₀₁= 4,2 ц – для сравнения частных различий

HCP₀₅= 1,4 ц; HCP₀₁= 1,8 ц – для сравнения разности средней по фактору А

HCP₀₅= 2,2 ц; HCP₀₁= 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 урожая. Их сравниваем с HCP₀₅ = 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 HCP₀₅ = 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.

2.1.3 Результаты и выводы Оценивая влияние взаимодействия факторов, можно сказать, что увеличение глубины обработки повышает урожайность на 2 ц/га (25,0 – 23,0), удобрения (10 кг/га) повышают на 3 ц/га (26,0 – 23,0), т.е. всего на 5 ц/га (2 + 3).