

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»
Кафедра земледелия мелиорации и агрохимии

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В МЕЛИОРАЦИИ

Курс лекций

для аспирантов 2-го года обучения

Направление подготовки **35.06.01 Сельское хозяйство**

Профиль подготовки:

Мелиорация рекультивация и охрана земель

Саратов 2014

УДК
ББК
М

Р е ц е н з е н т ы :

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГОУ ВПО «Пензенская ГСХА»
Е.Н. Кузин

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГОУ ВПО «Саратовский ГСЭУ»
Г.Г. Решетов

Курс лекций по дисциплине «Методы исследований в мелиорации» ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2015. 107с

Сост.: К.Е. Денисов

В курсе лекций изложены основные теоретические положения методов исследований в мелиорации в тесной связи с агроклиматическими и почвенными условиями зон Поволжья. Автор курса лекций детально разбирает сущность и методы научного исследования, методы размещения вариантов и план эксперимента, основы статистической обработки, анализ рядов качественной и количественной изменчивости.

ВВЕДЕНИЕ

В курсе лекций изложены основные теоретические положения методов исследований в мелиорации, сущность и методы научного исследования, методы размещения вариантов и план эксперимента, основы статистической обработки, анализ рядов качественной и количественной изменчивости.

Сельскохозяйственная мелиорация наука призвана изучать и разрабатывать агротехнологии, направленные на повышение урожайности и качества производимой продукции. В этих целях она использует наблюдения и опыты, проводимые по определенной методике.

Большое внимание уделено таким вопросам, как организация опыта на территории, требования и техника выполнения различных видов полевых работ в области мелиорации.

СУЩНОСТЬ И МЕТОДЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.

1.1. История опытного дела в России

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

Опытное дело совершенствовалось одновременно с возникновением и совершенствованием учебных заведений, особенно высших. Первым высшим учебным заведением в России была Киево-Могилянская академия, основанная в 1615 г., а ее первым ученым-естествоиспытателем, ботаником, метеорологом был Ионикий Галятовский. В стенах академии учились многие выдающиеся русские ученые, в том числе М. В. Ломоносов, которому принадлежат слова: «Один опыт я ставлю выше тысячи мнений, рожденных единственно воображением».

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

Первые опытные работы были начаты в 1790 г. М. Г. Ливановым в с. Богоявленское вблизи г. Николаева, а первое опытное учреждение (Бутырский хутор) создано под Москвой в 20-х гг. XIX столетия. В 1840 г. в Горы-Горецком (Белоруссия) было организовано первое опытное поле. По инициативе Д. И. Менделеева в 1867 г. были заложены еще четыре опытных поля в Московской, Петербургской, Смоленской и Симбирской губерниях.

В 1895—1897 гг. организованы первые опытные сельскохозяйственные станции: Вятская, Энгельгардская и Ивановская. В конце XIX в. в России уже работали 10 опытных и селекционных станций, 13 опытных полей, 2 лаборатории и 2 контрольно-семенные станции с 60 научными сотрудниками.

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

Еще больше увеличилось количество научных учреждений за послевоенные годы. Только в системе Министерства сельского хозяйства в 1973 г. функционировало 671 научное учреждение, в которых работало около 60 тыс. сотрудников. Научной работой занимаются ученые в сельскохозяйственных учебных заведениях России, а также в проблемных лабораториях и на тысячах госсортоучастков.

Огромный вклад в опытное дело внесли ученые В. В. Докучаев, П. А. Костычев, А. А. Измаильский, А. И. Душечкин,

А. Г. Дояренко, Д. Н. Прянишников и многие другие. Особенно активно работал в области опытного дела А. Г. Дояренко, который в 1918, 1919, 1921 гг. организовывал Всероссийские съезды опытников. Он первым начал читать в 1907 г. курс опытного дела в Петровской сельскохозяйственной академии, усовершенствовал применение математической статистики в исследованиях, редактировал «Научно-агрономический журнал».

Первая кафедра опытного дела в России была организована П. Н. Константиновым, который написал фундаментальную работу «Основы сельскохозяйственного опытного дела». Известными методистами опытного дела были Н. Ф. Деревицкий, В. Н. Перегудов, П. Г. Найдин, А. С. Молостов и многие другие. Но особое место в совершенствовании и становлении методики за последние 30 лет принадлежит Б. А. Доспехову, заведующему кафедрой

рой земледелия и методики опытного дела, автору учебника «Методика полевого опыта», выдержавшего пять изданий за 1965-1985 гг.

1.2. Сущность научного исследования.

Наука представляет собой творческий процесс: совершенствование известного на практике и поиск нового в теории с конечной целью — повышение эффективности человеческого труда. В современных условиях сельскохозяйственная наука должна решать практические задачи, опираясь на теорию конкретного предмета, а также межпредметных и фундаментальных наук. В общеупотребительном понимании наука — это определенный предмет изучения или дисциплина, представляющая совокупность систематизированных знаний относительно своих объектов и терминологии. Перечень предметных наук постоянно растет, поскольку обособляются отдельные разделы дисциплин. Например, из общего земледелия «вышли» почвоведение, растениеводство, агрохимия. В свою очередь из растениеводства выделились овощеводство и плодоводство. Продолжением этого «веера наук» стали генетика и селекция, физиология и биохимия, хранение и переработка продукции растениеводства и животноводства и т. д.

Научным, в прикладном смысле, считают тот результат или труд, в основании которого лежит научное исследование. Учебные дисциплины становятся научными, когда их содержание, аргументы и факты подкреплены добротным экспериментальным материалом. Квалификация «ученого агронома» наряду с достаточными знаниями по избранной специализации и умением их использовать предполагает прочное усвоение «альфы и омеги» научного исследования.

Научное познание начинается с накопления эмпирических наблюдений, которые в дальнейшем интегрируются в систему теоретических знаний. На первом этапе научного познания получают экспериментальные данные приемлемой статистической достоверности. На втором этапе анализируют сводные данные множества экспериментов с выдвижением гипотез о связях одних явлений с другими. Дальнейшая систематизация и логическое обобщение опытных данных на третьем этапе приводят к появлению теории — высшей стадии и формы организации научного исследования. Таким образом, научное исследование как инструмент изучения и объяснения закономерностей развития фактов и явлений может быть экспериментальным и теоретическим. Специфика агрономического исследования обусловлена многообразием и сложностью изучаемых явлений, что затрудняет получение научной теории или делает его невозможным.

Агрономическая наука при разработке теоретических основ и новых практических способов повышения продуктивности растений пользуется общепринятыми видами научного исследования: наблюдением, испытанием (или обследованием) и экспериментом.

Простое научное исследование, проведенное путем регистрации результатов учетов, измерений, свершившихся фактов и явлений («a posteriore») называют наблюдением. Подобное исследование можно провести с одной линейкой или рамкой для учета как на опытном участке, так и на производственных полях. Сложную форму научного исследования представляет опыт, или эксперимент, который отличается активным «вторжением» («a priori») в естественные процессы и явления или их моделированием. Эксперимент — это такой вид научного исследования, при котором исследователь искусственно вызывает явление или изменяет условия так, чтобы лучше выяснить сущность явления, происхождение, причинность и взаимосвязь предметов и явлений. В отличие от регистрируемых наблюдений он позволяет исследователю поставить изучаемый объект в различные условия.

Таким образом, с позиции теории познания между экспериментом и наблюдением существует принципиальная разница: наблюдение отражает внешний мир, эксперимент же рождается в сознании человека в образе гипотезы с последующей проверкой практикой. Эксперимент отражает наши умозаключения, предположения, которые мы проверяем искусственным путем.

Промежуточное положение между наблюдением и экспериментом занимает испыта-

ние. Программа любого опыта включает множество наблюдений. Проводимые с целью описания различных признаков изучаемых явлений или предметов, они являются составной частью эксперимента. На базе опыта могут быть проведены испытания новых препаратов, сортов, машин и т. д. Например, измерение высоты растений нового сорта пшеницы на делянке (поле) — наблюдение, тогда как оценка этого признака на основе шести делянок, на которых под пшеницу были внесены три дозы регулятора роста — эксперимент. Оценка нового препарата на растениях одной или нескольких делянок — испытание.

Научные наблюдения должны быть целенаправленными, с четко сформулированной задачей их проведения и полными, с охватом всех сторон изучаемых явлений и процессов. Однако полнота наблюдений измеряется не их количеством, а умением исследователя подметить и выбрать все существенное и важное. Необходимо как можно шире использовать разнообразные приборы и инструменты для того, чтобы более точно и глубоко познать и описать явления и процессы. И, наконец, чтобы охарактеризовать наблюдаемые явления, их надо выразить словами. Поэтому наблюдения необходимо закрепить в письменной форме в виде отчета с рисунками, фотографиями и т. д.

Научные исследования в зависимости от принятых критериев классификации подразделяют:

- в соответствии со сферой приложения результатов — на фундаментальные, прикладные и разработки;

- по избранному виду исследований — на описательные, экспериментальные и теоретические;

- по уровню обобщения данных — на эмпирические и теоретические;

- по виду экспериментального объекта — на модельные и натурные.

Фундаментальные исследования направлены на получение новых знаний, открытие новых фактов, явлений и закономерностей. Их проводят часто на модельных объектах. С помощью прикладных исследований решают практические задачи в рамках фактов и теорий, открытых фундаментальными науками. Они имеют четкую практическую ориентацию на совершенствование технологии.

Методы математической статистики помогают спланировать и провести любое исследование — от простых измерений и учетов до комплексных испытаний и сложных экспериментов, а также сделать правильное статистическое заключение и объективные агрономические выводы. Одним из ее главных инструментов является выборочный метод: оценка объектов совокупности и массовых явлений на основе их части, или выборки. Определение статистических характеристик для одной или нескольких выборок называют описательной статистикой, а сравнение двух или нескольких выборок (вариантов) с помощью контрольных критериев — экспериментальной статистикой.

«Методика научной агрономии» сочетает агрономические знания и методы с основами математической статистики. Она объясняет сущность и принципы планирования, постановки и проведения научных исследований в агрономии, дает их биологическую и статистическую модели в соответствии с темой и планом эксперимента, а также статистико-агрономическую интерпретацию результатов проведенного исследования.

Общественно-хозяйственной оценкой агрономической деятельности служит устойчивое, экономически и экологически обоснованное количество производимой растительной продукции, или урожай и его качество. Урожай зависит от погоды, плодородия почвы и системы агроприемов в соответствии с биологическими особенностями растений и требованиями технологии их возделывания. Под агроприемом подразумевают однократное воздействие орудий и машин на почву, внесение удобрений и других мелиорантов (натуральных и синтетических), а также пестицидов с целью повышения продуктивности культур и эффективности земледелия в целом. Девизом деятельности агронома можно считать изречение английского философа Ф.Бэкона (1561—1626): «Non, nisi parendo vinatur», что в переводе с латыни означает: «чтобы поставить природу на службу человеку, надо подчиняться ее законам».

Задача опытного дела в агрономии сводится к правильной постановке «вопроса» растению или почве — главным объектам исследования — и последующему истолкованию их «ответа». Любому научному исследованию предшествуют предположения и разработки, математическая формализация которых и составляет суть математического моделирования. Математическая или статистическая модель выражается уравнением переменных для описания явлений, или фактов, когда точные закономерности не установлены. Все факторы и условия жизни растений делят на две группы: контролируемые, включительно изучаемые, и неконтролируемые.

Уравнение простейшего опыта можно представить следующим выражением:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij},$$

где Y_{ij} — урожайность (урожай с единицы площади в ц или т с 1 га) i -го варианта на j -й делянке; μ (или μ , средняя по опыту) — потенциальное плодородие почвы плюс возможности данного генотипа, выражаемые в единицах урожая; α_i — эффект, т. е. прибавка или снижение урожая от действия i -го варианта; e_{ij} — неучтенный (случайный) эффект.

При изучении двух факторов статистическая модель примет следующий вид:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij},$$

а с учетом взаимодействия факторов:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + e_{ij},$$

где α , β и γ — эффекты соответственно действий и взаимодействия двух факторов.

Таким образом, математическая формализация агрономического «вопроса» выражается уравнением действующих в опыте факторов, обозначенных своими символами. Статистическая модель определяет метод размещения вариантов и, следовательно, метод математической обработки результатов эксперимента, выраженных цифрами и называемых данными. Например, различные модели дисперсионного анализа.

Успех эксперимента и практическую значимость его результатов определяют профессионально сформулированные и правильно «уложенные» в статистическое русло агрономические задачи. Для того чтобы обеспечить успех эксперимента, требуется хорошее знание объекта исследования наряду с четким представлением сути действующих факторов, т. е. агрономической стороны, или биологической модели, эксперимента. Например, при сравнительном изучении сортов необходимо хорошо знать и учитывать их биологию и технологию: отношение к жизнеобеспечивающим факторам, интенсивность роста и развития, устойчивость к неблагоприятным условиям, оптимальные нормы и сроки посева, особенности ухода и т. д.

При смещенной, или односторонней, постановке проблемы искажается только биологическая модель, тогда как математическая мельница «мелит» все, что в нее вложено в строгом соответствии с выбранным методом. В итоге задачи и цели эксперимента могут стать псевдопроблемой. Любой агротехнический прием может давать как положительные, так и отрицательные эффекты в зависимости от дозы, срока и способа его применения, а также сопутствующих условий, или фона. В полевом опыте следует учитывать мощность гумусового горизонта и состояние подпахотных горизонтов, а также буферность почвы (устойчивость свойств по отношению к внешним воздействиям); засоренность посевов и их общее состояние; свойства культурных растений и требования к технологии их возделывания. Особую роль играют погодные условия как в период проведения приема (реакция почвы), так и в критические фазы вегетации растений (реакция культуры).

Работу исследователя отличает цикличность, связанная не только с условиями внешней среды или спецификой технологии, но и с самой логикой мышления. Ее можно представить двумя триадами: 1) наблюдение — осмысление — эксперимент; 2) выдвижение рабочей гипотезы и построение биологической и статистической моделей — проверка их в ходе эксперимента — рождение новых гипотез и моделей.

1.3. Основные элементы эксперимента.

Эксперимент (от лат. experimentum — опыт или практика) — индуктивный метод по-

лучения новых фактов и знаний по конкретно сформулированной проблеме, основу которого составляют варианты и повторность. Агрономический эксперимент (полевой опыт) проводят на специально выделенном земельном участке. Он включает изучение и сравнение различных аспектов плодородия почвы, биологических особенностей и жизненных факторов растений и агрофитоценозов, новых приемов агротехники и технологий как в естественных условиях, так и их моделирование на разном уровне репрезентативности, воспроизводимости и контроля. Под репрезентативностью понимают экологическое и агротехническое соответствие модели или опыта условиям производства. Воспроизводимость — это, с одной стороны, возможность получения близких результатов в повторном опыте, а с другой — означает, насколько трудно воспроизвести или повторить один и тот же эксперимент. Лабораторный эксперимент, проводимый в чашках Петри, повторить легко. Воспроизводимость полевого опыта ограничена не только материально-финансовыми затратами, но и длительностью вегетационного периода. Кроме того, погодные условия в отдельные годы могут существенно повлиять на эффекты изучаемых факторов.

Контроль сопутствующего фона, например освещенности, температуры и влажности воздуха в теплице или плодородия почвы в полевой обстановке, позволяет сопоставить варианты в относительно одинаковых условиях и снизить ошибку эксперимента.

Изучаемый в опыте фактор расчленяют на варианты, или градации. Как факторами, так и вариантами могут быть виды и сорта растений, другие живые организмы или факторы их жизни: свет, диоксид углерода, кислород, тепло, почва или другой субстрат, вода и питательные вещества; препараты или их дозы, приемы или технологии, машины или орудия. Так, в опытах по химической защите растений фактором и вариантом может быть препарат и его форма: жидкая, твердая, кристаллическая, порошковидная или гранулированная; доза; способ внесения: наземное или авиаопрыскивание, механизированное или ручное; сроки и частота (периодичность) внесения: до посева, после посева, в конкретные фенофазы или по мере появления вредителей; объем воды (50...400 л/га) для рабочего раствора и т. д.

При изучении доз полного минерального удобрения: (NPK)0, (NPK)b (NPK)2 (индекс означает код дозы) фактором является NPK, а вариантами — его отдельные дозы: 0, 1 и 2. В следующем примере: PK, NjPK, N2PK изучаемым фактором будет лишь азотное удобрение, а вариантами — его дозы: 0, 1,2, действие которых и будет вычленяться. PK является фоном, и его действие не может быть вычленено.

Материальной, или экспериментальной, единицей опыта служит единица наложения варианта, которая дает одно значение изучаемого признака. Это может быть объект или место испытания одного варианта, т. е. растение или их совокупность, другие макро- и микро-организмы; сосуд или деланка, пробирка или чашка Петри и т. д. Сопутствующий проведению опыта фон окружающей среды как контролируемый, так и неконтролируемый, обозначают неизучаемым фактором. Последний включает случайный фактор, эффект которого определяют при статистической оценке по «остаточному принципу» путем вычитания изучаемой и контролируемой вариаций из общей вариации.

Варианты являются носителями материализованной идеи эксперимента и источником новой информации. Их кодируют натуральным рядом чисел (арабскими цифрами): 1, 2, 3, 4, 5, ..., латинскими буквами: A, B, C, ..., Z или одной буквой V(v) с цифровым индексом: Kъ V2, K3, ..., Vk. Различают опытные, стандартные и контрольные варианты. Последние два вида должны составлять не более четверти опытных вариантов. Стандартом служит хорошо известный (традиционный) или локальный прием, сорт, препарат и т. д. Например, в опытах по основной обработке почвы стандартом является традиционная (классическая) отвальная вспашка, а в качестве опытных вариантов применяют альтернативные, почвозащитные и ресурсосберегающие обработки, в том числе и нулевую. При изучении севооборотов или их звеньев стандартом, как правило, служит плодосменный вид. В географической сети опытов (серия опытов, заложенных по единой схеме) по защите растений стандартом может быть как единый препарат для всех регионов, так и локальный — для конкретного региона. Контрольный, или нулевой, вариант означает отсутствие изучаемого фактора или его дозу, рав-

ную нулю. Следует отличать контроль от абсолютного контроля. Например, при изучении эффективности фосфорных удобрений вариант без удобрений (0) будет называться абсолютным контролем, тогда как вариант «NK», не включающий фосфор, просто контролем. В этом случае он становится синонимом стандарта, т. е. в качестве контроля можно брать традиционный прием или локальный сорт. В опытах по химической борьбе с сорняками контролем может служить вариант без гербицида, опрыскивание водой или механическая прополка.

С увеличением числа вариантов при неизменной площади делянок возрастают площадь опыта, пестрота почвенного плодородия и, как следствие, эффект случайного фактора. При небольшой площади опытного участка необходимо уменьшать размеры делянок с тем, чтобы испытать большее число вариантов, что так же может повысить ошибку эксперимента. Для однофакторного, достаточно точного опыта, число вариантов не должно превышать 8...12. За исключением скрининг-испытаний, большое число вариантов (более 20) оправдано лишь для многофакторных опытов. Приемлемая точность сравнительных опытов с большим числом вариантов достигается отчасти путем увеличения повторности стандарта. (Чем точнее эксперимент, тем меньшие различия по вариантам он способен выявить.) С ростом вариабельности экспериментальных единиц возрастает случайная ошибка при оценке разности между парами средних. Ошибка разности средних уменьшается с уменьшением вариабельности экспериментальных единиц и с увеличением повторности эксперимента.

Последовательный перечень всех вариантов опыта (цифра-код и название) называют схемой опыта.

Далее приведены примеры схем однофакторных опытов по изучению:

а) органических удобрений: 1 — 0 (без удобрений — контроль), 2 — компост, 3 — навоз, 4 — навозная жижа, 5 — сидерат;

б) доз азотных удобрений: 1 — 0 (без азота — абсолютный контроль), 2 — 40 кг N, 3 — 80 кг N, 4 — 120 кг N на 1 га;

в) сортов яблонь: 1 — Любимица Яковлева (стандарт, st), 2 — Золотая осень, 3 — Нежность, 4 — Красавица Черненко, 5 — Светланка;

г) гибридов томатов F₁: 1 — Алькасар, 2 — Евпатор, 3 — Раиса (st), 4 — Камерон, 5 — Кунеро;

д) окультуривания почвы под сад: 1 — отвальная вспашка на глубину 20...22 см + N120P60K150 кг Д.в. на 1 га + 4 т доломитовой муки (д.м.) на 1 га (st); 2 — плантажная вспашка на глубину 35...40 см + N120P100K150 + 6 т д.м.; 3 — чизелевание на глубину 35...40 см + N150P150(K150 + 6 т д.м.); 4 — отвальная вспашка с почвоуглубителем на глубину 25... 30 см + 50 т обезвоженного осадка сточных вод на 1 га; 5 — перекрестное дискование + 50 т стойло вого навоза на 1 га.

Повторность (обозначают буквой «л») — это число одноименных вариантов в опыте или экспериментальных единиц (сосудов, делянок, отдельных особей или их групп), подвергаемых воздействию Одного варианта. В статистическом смысле повторность — объем выборки одного варианта. Она позволяет оценить влияние случайного фактора на результаты эксперимента и, следовательно, установить его ошибку (точность).

Высокую точность (ошибка в пределах 2...4%) для большинства полевых опытов обеспечивает четырех-, а для мелкоделяночных — шестикратная повторность. Двух-, трехкратная повторность допускается в многофакторных опытах и в географической сети опытов. Отдельные многофакторные и особенно длительные полевые опыты могут не иметь территориальной, или «нормальной», согласно требованиям математической обработки, повторности. Ее отсутствие отчасти компенсируют внутренняя повторность (градации одного из факторов) и взаимодействия высшего (II, III) порядка (жертва факторностью в пользу точности) или годы проведения исследований. Для расчета ошибки берут часть вариации, обусловленной взаимодействием изучаемых факторов или изучаемого фактора и погодных условий. Влияние погодных условий требует собственной оценки на основе доли вариации и критерия F. Общая вариация в опыте будет складываться из действия вариантов и погоды

(лет), а также их взаимодействия. Таким образом, территориальную повторность вариантов опыта следует отличать от повторности во времени (число лет испытаний).

Большинство полевых опытов имеют повторения, или блоки*, кодируемые римскими цифрами: I, II, ..., V.

Блоками называют также обособленные группы вариантов внутри одного повторения и даже в целом отдельные экспериментальные планы, например, модель организованных повторений, или модель блоков.

Повторение представляет собой группу экспериментальных единиц, подвергаемых воздействию различных вариантов, или часть опытного участка, где представлен один комплект вариантов. В лабораторных, камеральных, вегетационных и тепличных опытах эту роль могут выполнять пакеты (кассеты), камеры, установки, стеллажи и т. п. в случае их конструктивных или эксплуатационных различий, а также и стороны сооружения.

В полевых опытах по изучению севооборотов или других проблем внутри севооборота встречаются «закладки», особые репликации всего опыта. Они различаются начальной культурой ротации севооборота во времени или частично развернутого на территории. Их число обычно не превышает 2... 3, т. е. на закладку опыта уходит 2... 3 года.

Повторение наряду с повторностью позволяет учитывать вариацию сопутствующего фона и ограничивать его влияние на ошибку эксперимента. Делянки внутри повторений (полевой опыт) нарезают компактно и ориентируют длинной стороной вдоль градиента плодородия почвы. Сами повторения могут быть размещены в один или два-три ряда (яруса), а также разбросаны по территории земельного участка в соответствии с пестротой почвенного плодородия. Необходимо стремиться к их компактному размещению, что возможно при форме земельного участка, близкой к квадрату.

Повторность, будучи числом* экспериментальных единиц для одного варианта, а повторение — группой экспериментальных единиц для разных вариантов (их комплектом), составляют разные компоненты одного опыта.

Таким образом, варианты, повторность, повторения, блоки и число вариантов в них составляют элементы структуры или методики опыта и служат его отличительными параметрами. Сущность всех способов повышения точности эксперимента заключается в снижении неконтролируемой вариабельности экспериментальных единиц или в увеличении эффективной повторности.

1.4. Методы исследований

В основе классификации опытов лежат два принципиальных положения: 1) экспериментальная единица опыта; 2) условия проведения опыта (естественные или искусственные).

В полевых опытах, где нет повторений, повторностью называют также комплект вариантов опыта, однако представленный лишь в колонках расчетных таблиц. Наряду с числом повторностью обозначают группу отдельных растений (деревьев) или животных, подвергаемых воздействию одного варианта.

К основным методам относят лабораторные, вегетационные, лизиметрические и полевые опыты, а также обследования и испытания. Из-за широкой специализации агрономии возникает необходимость спецификации вышеперечисленных методов научных исследований: тепличные (проводимые в условиях закрытого грунта), камеральные (опыты по хранению и переработке растениеводческой продукции) имодельные (выполняющие роль разведывательного или имитационного опыта, предварительного поиска или испытания перед постановкой основного эксперимента).

Лабораторные опыты проводят в лаборатории, фитотроне, термостате и т.д. Экспериментальной единицей служит пробирка, чашка Петри и т. п. Лабораторные эксперименты следует отличать от лабораторных анализов, квалифицируемых наблюдениями. Оценку лабораторной всхожести или энергии прорастания семян используют как в научных, так и

практических целях. Разновидностью лабораторного опыта являются камеральные эксперименты, проводимые в хранилищах и на продовольственных складах. В таких экспериментах единицей наложения варианта служит ящик, пакет, камера, холодильник и т. д.

Вегетационные опыты проводят с растениями в вегетационных домиках под стеклом или пленкой (рис. 1, а), что позволяет контролировать отдельные жизнеобеспечивающие факторы. (Субстрат и его влажность, питательная среда и освещенность могут также составлять изучаемый фактор или варианты опыта.) Экспериментальными единицами служат сосуды, заполняемые песком, почвой, торфом, перлитом или смесями этих субстратов (рис. 1, б). В конкретном опыте сосуды нумеруют.

Рис. 1. Вегетационный опыт:

а — вегетационные домики в качестве блоков (повторений); б — сосуды с экспериментальным материалом

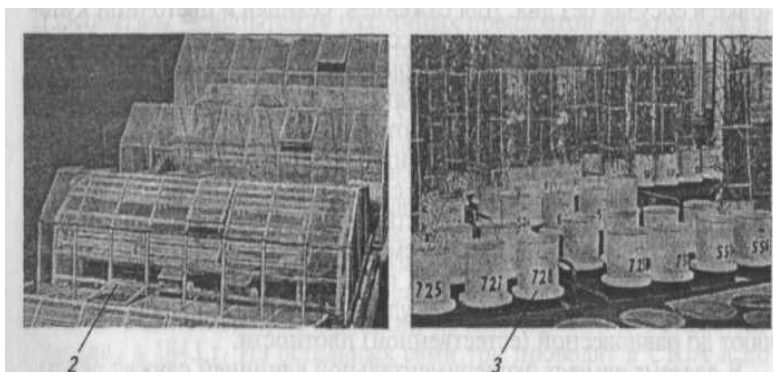


Рис.2. Вегетационно-полевой опыт (полевой опыт в сосудах без дна)

В тепличных опытах и при светокультуре экспериментальными единицами служат делянки или грядки почвогрунта для овощей, цветов и черенков, а также стеллажи, на которых размещены корыта с питательным субстратом для шампиньонов, стеллажи с пробирками, заполненными питательными средами для клонального размножения садовой земляники, и т. д. С целью повышения репрезентативности эксперимента секции разнокачественного почво-грунта или северные и южные (западные и восточные) части сооружения с разным микроклиматом выделяют в качестве повторений.

Пластиккультура — выращивание растений на земельных участках с пленочными высококаркасными и тоннельными укрытиями, где экспериментальными единицами служат вытянутые делянки или гряды.

Лизиметрические опыты проводят с растениями и черным паром под открытым небом в лизиметрах, специальных контейнерах или установках, обеспечивающих доступ к ним на определенной глубине, благодаря чему можно собирать мигрирующий почвенный раствор и анализировать его.

Вегетационно-полевые опыты* (рис. 2) ставят в полевой обстановке в сосудах без дна. Для саженцев, семян и цветочной культуры используют также пластмассовые ведра или другие емкости горшечного типа (культура с закрытой корневой системой). Сосуды-цилиндры изготавливают из листового железа или рубероида. В местах их размещения снимают верхний слой почвы, которую после тщательного перемешивания и добавления ингредиентов используют для набивки сосудов, если в плане опыта не предусмотрены другие субстраты. Перед установкой сосудов подстилающую почву рыхлят на глубину 10... 15 см.

Верхняя кромка сосудов должна быть на уровне окружающей почвы, а субстрат — на 1...2 см ниже ее. Промежутки между сосудами заполняют почвой и уплотняют до равновесной (естественной) плотности.

В полевых опытах экспериментальной единицей служит делянка. В зависимости от ее площади различают микрополевые (до 1 м²).

Микрополевые опыты по классификации ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова.

Мелкоделяночные (до 10 м²) и собственно полевые, или обычные, опыты (от 20 до 1000 м², в условиях производства > 1000 м²). Под опыты выделяют предварительно изученные земельные участки, типичные для агроландшафтов конкретного региона. Микрополевые опыты базируются на ручном труде, а обычные — на механизированных технологиях. В отличие от вегетационных сосудов делянки нумеруют лишь в «слепых» опытах (дробный учет урожая рекогносцировочного посева).

Модельные опыты* (в научной практике модель — синоним опыта) проводят в поле, теплице, лаборатории, хранилище и т. д. с целью моделирования условий окружающей среды. (В настоящее время под модельным опытом чаще понимают расчеты заданных параметров на компьютере, или виртуальный эксперимент.) Экспериментальной единицей служат площадки до 1 м² (микроделянки) или различные емкости с растительными субстратами (продукцией). В полевой обстановке площадки под посев готовят путем рыхления почвы на соответствующую глубину плюс 5...10 см. Между учетными площадками оставляют буферные полосы земли в качестве защиток.

Испытания и обследования научно-практического назначения проводят в условиях лабораторий, полей, садов (парков) и естественных угодий. Особенно широко эти методы используют в сфере международного сотрудничества.

Полевые опыты в условиях производства (максимум репрезентативности, минимум воспроизводимости) закладывают на производственных полях площадью более 1 га с ограниченным числом вариантов (3...6) и минимальной повторностью или без нее. Они служат пилотными (первыми) испытаниями экспериментальных идей или производственной проверкой результатов точных опытов.

Биотесты — испытания различных препаратов на животных и растениях — проводят в лабораторных и полевых условиях (например, определение дозы нового инсектицида для 50%-ной смертности колорадского жука). Статистической оценкой биотеста служит пробит-анализ.

К особым методам агрономических исследований относят длительный полевой стационар (продолжительностью более 20 лет) и опыты методического характера. Сверхдлительные стационары называют по аналогии с шедеврами литературы и искусства классическими. Среди 300 ныне действующих стационаров восемь — суперсверхдлительные. Старейший из них заложен в Ротамстеде (Англия) в 1843 г. Из остальных семи три проводят в США и по одному в Канаде, Германии, Франции и Дании. Из отечественных опытов наибольшую известность получил «Длительный опыт МСХА» («Московский стационар» по международному

Условное название микроопытов в поле, теплице, хранилище и т. д.

Актуальность исследований в длительном опыте и его долгую «жизнь» обеспечивают:

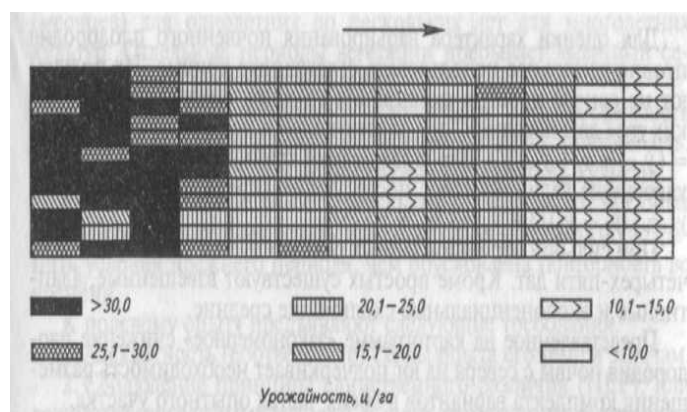
а) периодические модификации (инновации) адаптивного и концептуального характера исходной схемы и методики опыта. Опыт «на автопилоте» не обеспечит ни теоретического, ни практического обоснования изучаемых агроприемов. На фоне таких инноваций создаются модифицированные и даже новые опыты внутри стационара, т. е. длительный опыт подобен «русской матрешке»;

б) «прокат» перспективных научных программ и пилотных испытаний. В длительном опыте создается уникальный провокационный фон для испытания новых препаратов, сортов и т. д. Каждая делянка опыта представляет свою модель почвенного плодородия с комплексом отрицательных и положительных свойств.

Опыты методического характера (продолжительностью от 2...3 до 20 лет) называют «слепыми», или разведывательными, поскольку в них отсутствуют обычные варианты, а изучают вопросы совершенствования агрономических и статистических методов исследования, а также оптимизации структуры опыта и сравнительную эффективность экспериментальных планов. (Слепые опыты проводят в поле, в теплице или в вегетационном домике.) Однако чаще их роль сводится к рекогносцировке варьирования плодородия почвы перед закладкой опыта (уравнительные опыты, или уравнительные и рекогносцировочные посе-вы).

В большинстве случаев на исследуемом участке высевают яровые зерновые, так как они более чувствительны к изменению почвенного плодородия и более устойчивы к воздействию других неблагоприятных условий. Участок рекогносцировочного посева перед уборкой разбивают на площадки (или полосы) одинакового размера от 10 до 300 м² (в теплице до 1 м²) и учитывают урожайность с каждой площадки отдельно. Результаты дробного учета картируют, т. е. данные об урожайности с каждой площадки-делянки наносят на бумагу в виде штриховки или заливки разной интенсивности (рис. 3).

Рис. 3. Фрагмент картограммы земельного участка по данным дробного учета урожайности овса (156 площадок по 100 м²). Плодородие почвы снижается с севера на юг (показано стрелкой)

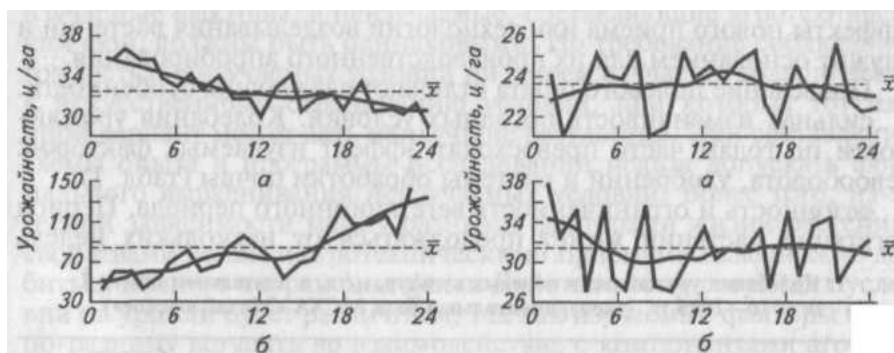


По графикам (кривым) поделяночной урожайности (рис. 4) можно выбрать наиболее эффективный способ размещения повторений, делянок и вариантов в опыте. Эти кривые отражают виды территориального варьирования плодородия почвы, которые условно классифицируют на закономерное, или систематическое (а и б); случайное (в) и комплексное, или закономерно-случайное (г).

При закономерном варьировании плодородия почвы наблюдается одностороннее изменение урожайности культуры по площадкам земельного участка. Статистическая оценка поделяночных урожаев даст существенные различия между урожаями отдельных площадок.

При случайном варьировании плодородия почвы поделяночные урожаи колеблются вокруг средней всего опытного участка, а различия между ними статистически недостоверны. Однако чаще территориальная неоднородность земельных участков проявляется одновременно в виде закономерного и случайного варьирования плодородия. Степень выраженности закономерной составляющей зависит от рельефа и площади участка, возделываемой культуры и агротехники.

Рис. 4. Варьирование поделяночных урожаев (ломаная линия) и их скользящих средних (сглаженные кривые) (по Б. А. Доспехову):



а, в —яровой пшеницы (а — на дерново-подзолистой почве, в — на черноземе); б — викоовсяной смеси; г — ячменя)

Для оценки характера варьирования почвенного плодородия предпочтительнее использовать сглаженные кривые. Их получают на основе простых скользящих средних, среднеарифметических трех дат: исходной, предшествующей и последующей, т. е. $y_i = (y_{i-1} + y_i + y_{i+1})/3$. Для сглаживания крайних значений берут их удвоенную величину плюс последующее (предыдущее) значение: $y_1 = (2y_1 + y_2)/3$ и $y_n = (2y_n + y_{n-1})/3$.

При сильной вариации данных рекомендуется брать средние из четырех-пяти дат. Кроме простых существуют взвешенные, адаптивные и экспоненциальные скользящие средние.

Представленное на картограмме «закономерное» снижение плодородия почвы с севера на юг подчеркивает необходимость размещения комплекта вариантов в обеих частях опытного участка.

В опытах с многолетними культурами, например плодовыми деревьями, отличающихся высокой вариабельностью, используют таксацию(специфическое выравнивание фона для сравнения вариантов). Она служит аналогом уравнительных посевов для растущих плодово-ягодных насаждений или предопытной рекогносцировкой. В этом смысле таксация является предварительной оценкой состояния растений на основе отдельных биометрических показателей. К таксационным показателям относят прежде всего окружность (диаметр) штамба и урожайность за предшествующие годы. Сопряженное влияние таксационных показателей на результаты эксперимента устраняют методом ковариационного анализа.

Среди агрономических методов исследований полевой опыт является важнейшим и наиболее сложным инструментом научного познания явлений. Он завершает длительный путь исследования, количественно оценивает агротехнический и экономический эффекты нового приема или технологии возделывания растений и служит основанием для их производственного апробирования.

Проведение полевого опыта отличают следующие особенности:

сильная изменчивость погодных условий. Колебания урожайности по годам часто превосходят эффект изучаемых факторов: севооборота, удобрений и системы обработки почвы (табл. 1);

Период вегетации растений может продолжаться от нескольких недель (месяцев) для однолетних до нескольких лет для многолетних культур. Отдельные периоды вегетации прерывает «мертвый сезон» различной продолжительности;

1. Колебания урожайности полевых культур, ц/га, в длительном опыте 7 за 1970—2005 гг. (экспериментальная база МСХА «Михайловское»)

Культура	Без удобрений	2NPK + навоз	Средняя урожайность
Ячмень	2,4... 20,1	7,1...44,5	25,6

Озимая пше- ница	11,6...35,3	25,4...61,2	36,3
Картофель	41,2...140,0	90,3...285,7	171,4

Эта особенность обуславливает дополнительную территориальную повторность. Индикатором плодородия почвы служит урожайность культур; низкая воспроизводимость результатов. Один и тот же опыт каждый год дает разные результаты, поскольку невозможно сохранить условия прежнего периода, чем обусловлена повторность во времени.

К полевому опыту предъявляют следующие требования.

Адекватность (соответствие) схемы опыта его теме и задачам.

Соблюдение принципа единственного различия (ПЕР), или тождества неизучаемых условий «Ceteris-paribus prinzip», что в переводе с латыни означает «все условия — одинаковы, кроме изучаемого». Это требование не следует понимать упрощенно. ПЕР — это обеспечение не просто одинаковых, а оптимальных условий для всех вариантов (сорта, удобрения, препараты и т. д.), посевной нормы и доз удобрений, глубины обработки почвы и посева, сроков проведения агротехнических мероприятий, особенно посева и уборки. Например, в опытах, где изучаются различные предшественники для озимой пшеницы, обработку почвы и посев проводят по мере готовности поля, т. е. в разное время; в опытах по изучению разных сортов нормы высева, дозы азотного удобрения и сроки уборки также различаются.

Принцип единственного логического различия действует в рамках целесообразности и оптимальности. Его сущность заключается в том, что при проведении полевого опыта изменяют лишь изучаемые факторы, а неизучаемые, составляющие агротехнический фон, должны быть одинаковыми. Но требование соблюдения тождества неизучаемых условий ни в коем случае не должно вести к искусственному ограничению условий, при которых тот или иной вариант может дать наилучшие результаты. При составлении схемы опыта и программы исследований нельзя допускать формального выравнивания неизучаемых условий. Более того, из-за тесной зависимости между разными факторами жизни растений, свойствами почвы и агротехническими приемами невозможно добиться полного сохранения фона. Действие сопутствующих условий на урожай будет различным, так как изучаемые факторы будут по-разному вступать во взаимодействие с компонентами агротехнического фона. Таким образом, получают не «чистое» действие исследуемого фактора, а его взаимодействие с условиями среды. Например, различия в урожайности на делянках, где изучают различные способы обработки почвы, будут обусловлены не только разной глубиной обработки, но и неодинаковым взаимодействием сопутствующих условий опыта с этими агротехническими приемами, так как при изменении глубины обработки изменяются агрохимические, агрофизические и биологические показатели плодородия почвы. Однако неравенство сопутствующих условий полевого опыта, вызванное действием изучаемых факторов, вовсе не является свидетельством того, что принцип единственного логического различия неверен. Важно, чтобы равенство сопутствующих условий опыта (агротехнический фон) имелось до закладки опыта, а все последующие отклонения следует компенсировать агротехническими и статистическими инновациями.

Контроль фона опыта приобретает особенно важное значение в длительных полевых опытах, где он изменяется под действием кумулятивного эффекта изучаемого фактора. С другой стороны, жесткая неизменность агротехнических приемов на протяжении десятилетий приводит к неправильной оценке изучаемых вариантов. Именно требованиями актуальности и достоверности обусловлены периодические модификации агротехники и технологии возделывания культур в длительных опытах. Таким образом, при планировании полевых опытов необходимо помнить, что нельзя изучить одни агротехнические приемы независимо от других, в том числе сопутствующих факторов среды.

Производственная репрезентативность, или типичность опыта. Опыт проводят на

фоне соответствия почвы, рельефа, агротехники и технологии на опытном участке условиям эффективного производства.

Под типичностью опыта понимают проведение опыта в почвенно-климатических и производственно-агротехнических условиях того региона (хозяйства), где предполагается использовать изучаемые приемы, технологии и сорта. Производственно-агротехническая типичность заключается в том, что в опыте должна быть соблюдена зональная агротехника исследуемой культуры, причем на более высоком уровне, чем в среднем на практике. Максимальная репрезентативность характерна для полевых опытов, проводимых в условиях производства.

Урожайность подопытных культур должна быть больше среднего уровня урожайности хозяйств региона, даже если для этого требуются несколько большие затраты. Урожай является интегральным показателем, объективно отражающим действие условий возделывания растений. Этот показатель позволяет количественно оценить эффект изучаемых в опыте вариантов. С ростом урожая, как правило, возрастает точность опыта.

Достаточная точность опыта (ошибка менее 7%, а степень вариации — 14 %) и статистическая достоверность результатов (уровень вероятности не менее 95 %).

Доступность, или публичность, документации и отчетности по опыту.

Приемлемые материально-технические и финансовые затраты (доступная стоимость).

Полевые опыты классифицируют по следующим принципам.

I. Назначение.

Сравнительные испытания сортов, препаратов, машин и т. д.

Агротехническая оценка приемов и технологий.

II. Количество факторов.

Однофакторные опыты.

Многофакторные опыты (как правило, два-три фактора).

III. Охват сочетаний факторов (многофакторные опыты).

Полнофакторные эксперименты (ПФЭ) (наличие всех комбинаций).

Неполнофакторные эксперименты (НПФЭ) (часть комбинаций исключена).

IV. Продолжительность (длительность).

Краткосрочные опыты (от 2 месяцев до 3 лет).

Многолетние опыты (более одной ротации севооборота; более 4 лет).

Длительные, или стационарные, опыты (более 20 лет).

Сверхдлительные стационары (более 50 лет).

Суперсверхдлительные стационары (более 100 лет).

V. Научность (точность).

Точные опыты.

Опыты-тесты, или модельные испытания, в том числе и без повторности.

VI. Охват территории.

Единичные опыты.

Массовые опыты (серия опытов внутри региона).

Географическая, или межрегиональная, сеть сравнительных опытов.

1.5. Этапы планирования научного исследования

Философскую основу планирования эксперимента («умное решение») составляют четыре подхода, причем многие исследователи предпочитают два центральных.

1. Благородный путь чистых размышлений с решением в итоге не более, чем псевдопроблемы, за исключением философии или фундаментальных теоретических разработок, результаты которых могут быть оценены последующими поколениями. Легкий путь подражания уже известному или копирование схем.

2. Конъюнктурный путь корректировки чужих схем или «подгонки» старого содержания под новую «Повестку дня».

3. Тернистый и горький путь собственных проб и ошибок.

Ошибки при планировании значительно затрудняют решение проблемы или делают его невозможным.

Планирование эксперимента включает пять этапов.

1 этап - предварительное формулирование проблемы. Выбор темы, объектов и вопросов исследования на основе изучения литературы

и результатов предшествующих исследований по данной тематике, а также собственного «опыта проб и ошибок». Формулирование проблемы - это описание ее актуального состояния, а постановка цели и задач исследования определит ее состояние в будущем.

При изучении более двух проблем резко возрастает объем эксперимента, из-за чего может снизиться качество работы. Проведенное исследование решает лишь отдельные задачи, актуальные для текущего времени и сопутствующих условий научно-технической среды, а сама проблема может оставаться предметом бесконечных творческих поисков. Поэтому из двух общих критериев оценки агрономического исследования: актуальность и новизна, ведущим для практической значимости является первый.

2 этап - постановка цели и задач исследования. Первый шаг к решению поставленных вопросов заключается в их четком формулировании. Это позволит разработать правильную рабочую гипотезу, а также биологическую и статистическую модели эксперимента. Рабочая гипотеза должна отражать актуальность и элемент новизны планируемого исследования или формулировать предполагаемый эффект перспективных вариантов. При этом задачи эксперимента составляют агрономические пути проверки научной гипотезы. В практическом плане задачи исследования формулируются на основе триединого вопроса: что (1), с какой целью (2) и с какой точностью (3) надо узнать.

3 этап - разработка плана эксперимента. Выбор вариантов и других элементов опыта, а также их оптимального сочетания при минимальных материально-технических и финансовых затратах составляет наиболее сложный этап планирования.

Следует отличать практическую, или производственную, схему опыта от научной.

Набор доз при количественной градации фактора основывается на:

интуиции и опыте исследователя, а также на результатах предшествующих исследований по данной тематике; уровне планируемого урожая; арифметической прогрессии

Однако в большинстве случаев процессы роста и развития растений подчиняются сложным кривым, например S-образной

кривой.

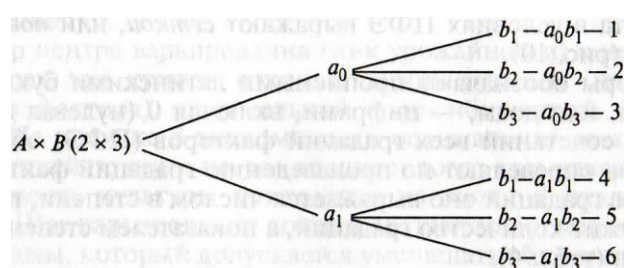
Принципиальной особенностью многофакторных опытов является то, что в них можно изучить наряду с действием взаимодействие факторов. Это обеспечивает более эффективное использование площади земельного участка и большую информативность эксперимента. Такие опыты можно проводить без повторности, а для расчета ошибки использовать взаимодействия высшего порядка.

К схемам многофакторных опытов предъявляют дополнительное требование факториальности, т. е. сочетания всех градаций факторов. Такие эксперименты называют полнофакторными (ПФЭ). Поскольку не все сочетания имеют научный или практический интерес, то факторностью можно «жертвовать», т. е. снять часть вариантов. В этом случае схемы будут нефакториальными, а опыт – неполнофакторный.

Графическое представление результатов действия факторов эксперимента в условиях ПФЭ выражают сеткой, или поверхностью отклика.

Факторы обозначают прописными латинскими буквами, а их градации, или дозы, - цифрами, включая 0 (нулевая доза). При наличии сочетаний всех градаций факторов (ПФЭ) общее число вариантов определяют по произведению градаций факторов. При равенстве градаций оно выражается числом в степени, где основанием служит количество градаций, а показателем степени число факторов.

верная матрица:



4 этап - выбор статистической модели (метода математической обработки данных). Хотя математическая обработка данных является завершающим этапом эксперимента, выбор ее метода осуществляют до закладки опыта. Статистическая оценка не позволяет устранить просчеты предшествующих этапов, однако знание условий (предпосылок) ее применения предотвращает появление систематических ошибок, или смещения. Математическая обработка служит инструментом для выяснения истины, а окончательный вердикт остается за профессиональным (агрономическим) заключением. Так, если 2 ...3 ц/га статистически недостоверны, то это не всегда означает браковку изучаемых приемов. Вместе с тем для большого числа исследований дисперсионный, корреляционно- регрессионный, ковариационный и другие математические методы обеспечивают достойные выводы по эксперименту, компенсирующие отдельные пробелы в Профессиональной подготовке их исполнителей.

5 этап - составление программы наблюдений в опыте.

Программа наблюдений (учетов и анализов) в любом эксперименте определяется темой, объектом, целью и задачами исследований, а также сопутствующими условиями. При ее составлении учитывают три основных положения .

1. Перечень наблюдений: измерения, учеты и анализы в отношении почвы, растений, агрофитоценозов и т. д. с указанием соответствующих методик. Фенологические наблюдения и метеоданные обязательно регистрируют.

2. Сроки и периодичность проведения наблюдений. В течение вегетационного периода (однолетние культуры) или 4 ...8 лет (плодово-ягодные культуры). Наблюдения проводят ежедневно, через 2 ...10 дней, по фенофазам или 1... 2 раза в период от посева до уборки.

3. План отбора образцов и объемы выборок. Какие варианты (повторения) и сколько пробных точек (площадок) выделяют на делянке. Площадки на делянках используют для различных учетов, в том числе и урожайности культур. При статистической оценке данных они могут возместить отсутствие повторности в опыте. Такая повторность подобна аналитической «параллели» в химических анализах почвенных и растительных проб из одного смешанного образца. Подобный метод научного исследования: с компактной (внутри одной делянки) повторностью соответствует модели полной рендомизации за исключением систематического размещения вариантов. Для статистической оценки таких данных можно использовать модель организованных повторений, или блоков, где роль последних будут выполнять опытные делянки.

1.6. Взаимодействие факторов и ортогональные коэффициенты

Обусловленное взаимодействием факторов взаимодействие может быть положительным, отрицательным или нулевым, когда их совместный эффект соответственно превышает, уступает или равен сумме отдельных эффектов. Эти виды взаимодействия квалифицируют как: синергизм, антагонизм и аддитивизм. Аддитивизм (от лат. *additio* - прибавление), или нулевое взаимодействие, - это простое сложение эффектов действующих независимо друг от друга факторов. Взаимодействие может быть выявлено только при наличии не менее двух градаций каждого из факторов в одном опыте.

Пример 1. В двухфакторном опыте по изучению азотных и фосфорных удобрений (12 делянок по 3 на каждый вариант) получены следующие урожаи в среднем на делянку, кг: 0 (без удобрений) - 47, N - 105, P - 56 и NP - 128.

Рассчитаем главные (средние) эффекты N, P и эффект взаимодействия NP эффект N: в отсутствии P: $105 - 47 = 58$ в среднем 65 в присутствии P: $128 - 56 = 72$ эффект P: в отсутствии N: $56 - 47 = 9$ в среднем 16 в присутствии N: $128 - 105 = 23$ эффект взаимодействия в среднем на делянку: $NP = (72 - 58)/2$ или $(23 - 9)/2 = 14/2 = 7$ (получено положительное взаимодействие, или синергизм).

А теперь рассчитаем средние эффекты на делянку с помощью уравнений:

$$N; \dots: (N + NP)/2 - (O + P)/2 = (105 + 128)/2 - (47 + 56)/2 = 65; P = (P + NP) / 2 - (O + N)/2 = (56 + 128)/2 - (47 + 105)/2 = 16; N \times P = (NP + O)/2 - (N + P)/2 = (128 + 47)/2 - (105 + 56)/2 = 7.$$

Подобный расчет эффекта взаимодействия аналогичен нахождению полуразности двух сумм урожаев по диагоналям табличной матрицы или в общем виде где N и P - два вида удобрений; A и B - символы двух факторов.

Арифметически взаимодействие АВ вычисляют по 1/2 разности между величиной прибавки урожая от совместного действия факторов и суммой эффектов от их отдельного применения. Оно отражает меру нарушения слагаемости эффектов. Таким образом, в двух- факторном опыте вычисляют и статистически оценивают два главных эффекта: A= 25; B= 10,5 и взаимодействие первого порядка АВ = 6,5 т/га .

В трехфакторном опыте вычисляют и статистически оценивают три главных эффекта: A, B, C; три взаимодействия первого порядка: АВ, АС, ВС и одно взаимодействие второго порядка АВС. В агрономических исследованиях взаимодействия выше второго порядка могут быть недоступны для точного определения и оценки, вследствие чего они пополняют остаточное варьирование.

РАЗЛОЖЕНИЕ ВАРИАЦИИ ВАРИАНТОВ МЕТОДОМ КОНТРАСТОВ

Любую сумму квадратов отклонений для вариантов (СК V) с числом степеней свободы, равным v- 1, можно разложить на (v- 1) независимые СК с одинаковым числом степеней сво-

боды (се), равным 1. Каждая се соответствует одному независимому сравнению, или контрасту (С). Для опыта 2 x 2 получим 3 степени свободы (се $V = 4 - 1$) и 3 независимых (ортогональных) сравнения для 4 вариантов. Количество ортогональных коэффициентов будет равно 12 :4 варианта x 3 сравнения. Они будут равны +1 или -1, поскольку число градаций факторов одинаково. Коэффициенты получают следующим образом.

1. При сравнении двух групп вариантов одинаковой численности присваивают коэффициенты k , равные 1: со знаком «+» первой и со знаком «-» второй группе

2. При сравнении двух групп вариантов разной численности варианты первой группы получают коэффициенты, равные численности второй группы, а варианты второй - первой, но со знаком «-».

3. Кратные числа сокращают до минимальной величины. Например, для двух групп численностью 2 и 4 варианты первой группы получают два коэффициента, равные 2, а второй - четыре: -1, -1, -1, -1.

Проверку ортогональности осуществляют двумя путями: сумма коэффициентов по каждой строке, а также сумма их произведений по любым двум строкам должны равняться нулю. В таблицу коэффициентов вносят суммы по вариантам.

Для разложения сумм квадратов стандартным методом, который используют в дисперсионном анализе, необходимо возвести в квадраты суммы по вариантам и суммы по факторам

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. История опытного дела в России.
2. Сущность научного исследования.
3. Основные элементы эксперимента.
4. Методы исследований.
5. Этапы планирования научного исследования.
6. Взаимодействие факторов и ортогональные коэффициенты

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства: Учебное пособие / И.Б. Рыжков. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1264-8.
2. Кирюшин Б. Д. Основы научных исследований в агрономии: Учебное пособие / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. - М.: КолосС, 2009. - 398 с. ISBN 978-5-9532-0497-2.

Дополнительная

1. Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин, Ю.В. Лобачёв, Л.П. Шевцова, З.Д. Ляшенко. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2013, 263 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985, 351 с.
3. Худенко М.Н., Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в агрономии / М.Н. Худенко, А.Ф. Дружкин. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2003, 140 с.

2 МЕТОДЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ВАРИАНТОВ И ПЛАН ЭКСПЕРИМЕНТА.

2.1. Систематические методы.

Систематический метод предполагает размещение вариантов в последовательности, записанной в схеме опыта, поэтому его называют еще последовательным. Его разновидности — многорядное, одно- и многоярусное размещение.

При стандартном методе возле каждого варианта (сорта) размещается контрольный (стандартный) вариант (сорт). Если стандарт размещается через одну делянку, то это ямб-метод, если через две — дактиль-метод. Если опытные делянки делят поперек на маленькие деляночки (парцеллы), то это парный метод П. Н. Константинова.

На опытных участках имеет место случайное и закономерное варьирование плодородия почвы. Если эти изменения не учитывать, то размещаемые варианты окажутся в разных условиях. При этом будет нарушен один из основных принципов опытного дела — принцип единственного логического различия, что обесценит весь опыт.

Рассмотрим результаты опыта при закономерном варьировании урожайности озимой пшеницы на 15 делянках поля без внесения удобрений. Урожайность от 1-й до 15-й делянки возрастала. Если на этой площади заложить опыт с пятью условными вариантами в трех повторениях и варианты разместить систематическим методом (последовательно), то схематический план опыта будет иметь такой вид.

Итак, создалось противоречие между систематическим методом размещения вариантов и закономерным варьированием плодородия почвы. Выход из этого противоречия можно найти в теории вероятностей. Согласно этой теории каждый из вариантов опыта, размещенный не систематически, а случайно, имеет одинаковые шансы попасть в лучшие, средние или худшие условия опыта.

При случайном (рэндомизированном) размещении вариантов средние арифметические вариантов составляют: первого — 3,88, второго — 3,95, третьего — 3,91, четвертого — 3,83, пятого — 3,91. Средние арифметические всех пяти вариантов имеют близкие значения. Дисперсионный анализ таких данных не выявил между средними достоверной разницы. Следовательно, все варианты на день закладки опыта будут находиться в одинаковых условиях и правило единственного различия будет выдержано. Повысить эффективность случайного метода размещения можно при ориентации делянок длинной стороной вдоль направления варьирования плодородия почвы.

Случайный метод размещения вариантов (метод рэндомизации) имеет ряд преимуществ перед систематическим (последовательным) размещением: исключается субъективный подход к размещению вариантов в опытах, и исследователь получает объективные результаты; сводится к минимуму влияние закономерного варьирования

Выдерживается правило единственного логического различия, ибо согласно теории вероятностей рэндомизация ставит все варианты опыта в равные условия; рэндомизация и дисперсионный анализ, используемый во всех -отраслях науки, взаимосвязаны и базируются на теории вероятностей. Размещая варианты рэндомизированно, исследователь имеет все основания использовать для обработки результатов дисперсионный анализ. Применение дисперсионного анализа для обработки результатов опыта, где варианты размещены систематически, — методическая ошибка; рэндомизация является основой построения современных схем опытов, особенно многофакторных, которые дают возможность оценить не только действия, но и взаимодействия изучаемых факторов; при рэндомизации можно отказаться от рекогносцировочного посева (например, в производственных условиях, где рекогносцировочные посева не всегда применяют); эффективность рэндомизации доказана не только логически, но и, главное, математически.

При систематическом методе варианты размещают одинаково во всех повторениях, что позволяет легче их находить. Но это достоинство мнимое, ибо варианты всегда можно определить по схематическому плану опыта.

Каждый метод размещения вариантов должен быть по возможности прост, обеспечивать проведение опыта с минимальными ошибками независимо от вероятных случайностей (порча некоторых растений, их гибель от вредителей и болезней и т. д.), а также гибкость опыта, т. е. возможность введения новых вариантов вместо старых, уже не представляющих интереса. Кроме метода рендомизации, наиболее соответствующего современным требованиям, в некоторых случаях можно пользоваться стандартным методом.

2.2. Рандомизированные методы.

Этот метод в течение многих лет используют во всех развитых странах мира, расширяется его применение и в России. Выбор конкретного метода при рандомизированном размещении зависит от условий варьирования плодородия почвы.

Рендомизированные повторения — случайное размещение всех вариантов опыта в пределах отдельных повторений. Метод используется, если в пределах повторения (блока) варьирование плодородия почвы минимальное, а между повторениями (блоками) оно колеблется в большей мере. Если различия между блоками отсутствуют, данный метод малоэффективен. Незначительное варьирование внутри блоков может быть при небольшом числе вариантов и небольшой площади опытных участков.

Метод рендомизированных повторений является ортогональным, т. е. в каждом повторении есть полный набор вариантов и каждый из них встречается в повторении лишь один раз. Именно это придает методу наибольшую стойкость и гибкость. Стойкость рендомизированных повторений состоит в том, что этот метод позволяет исключать из опыта отдельные варианты при их выпадении по различным причинам. При этом ортогональность сохраняется, хотя такие выпадения несколько обесценивают опыт. Гибкость метода заключается в возможности вводить новые варианты при необходимости.

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

Метод латинского квадрата целесообразно использовать в таких условиях, когда плодородие почвы изменяется в двух взаимно перпендикулярных направлениях (например, в одном направлении — вдоль склона, а перпендикулярно — под влиянием лесополосы или грунтовой дороги). При использовании метода латинского квадрата форма опытных участков должна быть квадратной или близкой к квадрату, число повторностей должно быть равно числу вариантов, число вариантов — от 4 до 8. При меньшем числе вариантов значительно снижается точность опыта из-за уменьшения числа степеней свободы. При числе вариантов более 8 нужно иметь такое же число повторностей, что намного увеличивает общее число участков в опыте, делает опыт громоздким для учетов и наблюдений.

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

Иногда в латинском квадрате варианты размещают не случайно, а по определенной системе, со смещением в рядах. Если плодородие почвы во взаимно перпендикулярных направлениях изменяется систематически, то такое изменение может совпасть с систематическим размещением вариантов в латинском квадрате, что приведет к нарушению правила единственно-

го логического различия. Для предотвращения этого варианты необходимо размещать лишь рендомизированно.

Целесообразно использовать латинские квадраты с так называемыми «магическими» свойствами. Их сущность заключается в том, что внутри основного квадрата размещается много других квадратов с полным набором вариантов. Кроме того, здесь имеется полный набор вариантов с тремя рядами и двумя столбиками — 1 и 2, 3 и 4, 5 и 6. Такие «магические» квадраты можно использовать при необходимости изучения взаимодействия определенных единиц опыта. Там, где систематического варьирования плодородия почвы нет, можно использовать все разновидности метода латинского квадрата.

Рендомизированный латинский прямоугольник — случайное размещение всех вариантов в пределах каждого ряда и каждого отдельного блока.

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

Полная рендомизация — рендомизированное размещение всех вариантов опыта без предварительного выделения повторений. Метод используют в тех случаях, когда индивидуальное варьирование растений превышает варьирование плодородия почвы (это характерно для многолетних растений, особенно древесных); когда число вариантов и повторностей в опыте невелико (3—4); когда размеры опытных делянок и площадь под опытом небольшие и варьирование плодородия почвы незначительное. Техника рендомизированного размещения вариантов в этом опыте такова. Подготовлено 12 жребиев (маленьких карточек из бумаги), — по числу делянок в опыте. На четырех карточках пишут цифру 1, на следующих четырех — 2 и еще на четырех — 3. Жребии смешивают и вытягивают один за другим, ставя на схематическом плане соответствующую цифру. При этом не в каждом из четырех столбцов (мнимых, не организованных повторений) есть все три варианта; если какой-то вариант в каком-то столбике отсутствует, то в другом он повторяется.

Преимущества метода полной рендомизации: критерий Фишера приобретает наибольшее значение по сравнению с другими методами, а это повышает статистическую достоверность опыта; варьирование между делянками одноименных вариантов определяется очень просто — вычислением стандартной ошибки; максимально увеличивается число степеней свободы для остаточного рассеивания, что способствует повышению точности опыта.

Например, при размещении опыта методом полной рендомизации с тремя вариантами и в четырех повторениях число степеней свободы для ошибки (u) составит: $u = l - M - 3 = 3 - 3 = 9$. При использовании метода рендомизированных повторений число степеней свободы будет меньшим и составит: $v = (l - 1) / (r - 1) = (4 - 1) / (3 - 1) = 6$. В результате точность опыта с размещением вариантов методом полной рендомизации будет более высокой.

Метод рендомизированных расщепленных делянок — это размещение вариантов фактора первого порядка на основных делянках, а факторов второго и последующих порядков — на субделянках, на которые расщепляют основные делянки. Этот метод применяют в следующих случаях: в многофакторных опытах; тогда, когда основное внимание акцентируется преимущественно на взаимодействии факторов, а не на каждом в отдельности; когда необходимо ввести в опыт группу новых вариантов за счет расщепления площади основных делянок.

В агротехнических опытах в качестве факторов первого порядка целесообразно выбирать те, которые в системе агромероприятий выполняются первыми. Аналогично размещают вари-

анты и в остальных повторениях. Для введения новых вариантов расщепляют делянки предыдущих порядков. Но для этого необходимо, чтобы делянки первых порядков были достаточно большими. Многофакторные опыты можно размещать не только методом расщепленных делянок, но и методом рендомизированных повторений, однако так, чтобы в пределах каждого повторения присутствовали все варианты в соответствии со схемой опыта.

Метод смешивания особенно эффективен в многофакторных опытах. Иногда, выходя из задач опыта, желательно лучше проверить влияние факторов первого порядка, уделив меньше внимания факторам второго и третьего порядков, т. е. их взаимодействию. Для этого варианты повторений выделяют в отдельные блоки, что нарушает первичный порядок размещения вариантов, которые как будто смешиваются. Такое размещение вариантов называют методом смешивания.

При методе смешивания все варианты многофакторного опыта делят на несколько равноценных групп так, чтобы разницу между этими группами составляли взаимодействия высшего порядка, которые меньше интересуют исследователя, чем факторы низшего порядка. Но при этом теряется информация о взаимодействии факторов высших порядков (недостаток метода смешивания).

Однако метод смешивания имеет и весьма важное преимущество. С увеличением числа вариантов в многофакторных опытах значительно расширяется используемая земельная площадь, варианты могут оказаться в неодинаковых условиях и принцип единственного различия нарушается. Для предотвращения этого в методе смешивания варианты всего опыта делят на несколько групп, равноценных по дозам изучаемых факторов. На площади каждого повторения выделяют блоки с одинаковыми условиями и в каждом из этих блоков размещают выделенные группы вариантов.

В пределах блока каждую группу вариантов размещают рендомизированно.

Метод смешивания особенно эффективен при увеличении числа градаций, когда необходимо использовать много вариантов.

Целесообразно выделить три группы вариантов. В блоках сумма градаций каждого фактора равна 9. Например, для фактора А в первом блоке (первые цифры кода) имеем $0+1+2 + 0+1 + 2+0+1 + 2 = 9$. Такой же результат получаем для факторов В и С, а также для второго и третьего блоков. Сумма квадратов каждого блока одна и та же — 171 495. В этом опыте группы вариантов равноценны, что позволяет разместить их с соблюдением правила единственного логического различия.

Субделянками многофакторных опытов могут быть повторные урожаи культур, дающих несколько укосов, — люцерны, клевера. Аналогично можно выделить субделянки при повторных отборах образцов для анализа растений и почвы.

2.3. Одно- и многофакторные план.

Требования, предъявляемые к схеме однофакторного полевого (вегетационного) опыта

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

Однофакторные схемы строятся с несколькими градациями изучаемого фактора, например норм высева семян, сроков сева, доз удобрений, разной глубины обработки почвы. В этих опытах практически не требуется много вариантов, число вариантов не должно превышать 12-16, а делянок 50-60. При необходимости иметь большее число вариантов, следует составить две схемы и осуществлять их как отдельные опыты со своими контрольными вариантами

или же увеличивать число контрольных вариантов. Интервалы между дозами, сроками, глубиной и т. д. должны быть такими, чтобы разница в урожаях между ними превышала ошибку опыта.

При планировании схем однофакторных экспериментов, которые каждый год закладывают на новых участках, следует иметь в виду два основных момента. Во-первых, варианты в однофакторном опыте могут различаться качественно: опыты по изучению и сравнительной оценке сортов и культур, способов посева и обработки почвы, предшественников, разных форм удобрений, пестицидов и т.п. Во-вторых, варианты в опыте могут иметь количественные градации изучаемых факторов: опыты с дозами удобрений, нормами полива, глубиной обработки почвы, нормами посева семян и т. п.

Сравнительно просто решается вопрос о схемах однофакторных опытов, в которых варианты различаются качественно. Так, если экспериментатор планирует изучить пять сортов озимой пшеницы или пять способов обработки почвы, схема опыта будет включать пять вариантов А, В, С, D, Е. При разработке схем однофакторных опытов, в которых варианты различаются качественно, важно выдержать принцип единственного различия, правильно выбрать контрольный вариант (стандарт) и определить сопутствующие, не изучаемые в опыте оптимальные агротехнические условия эксперимента (фон).

Для схем однофакторных полевых опытов с количественными градациями, кроме требований перечисленных выше, необходимо правильно установить единицу варьирования для доз изучаемого фактора и число градаций (доз). Важно так составить схему опыта, чтобы на основании экспериментальных точек - эффектов вариантов можно было построить кривую отзывчивости (отклика), которая будет характеризовать зависимость урожая от изменения изучаемых градаций фактора. Обычно связь между урожаем и возрастающими дозами одного фактора нелинейна. Поэтому желательно иметь достаточное число доз в широком диапазоне. Необходимо стремиться установить или равные интервалы между градациями фактора, или, если это можно предугадать, назначить больше градаций в местах перегибов кривой отзывчивости. Обычно достаточно иметь 5-8 уровней (доз, градаций) изучаемого фактора. При этом важно так установить основной уровень, т.е. ту центральную точку на кривой отзывчивости, чтобы по мере движения к крайним (экстремальным) значениям эксперимент охватывал бы лимитирующую, стационарную и ингибирующую область этой кривой. Таким образом, успешное решение поставленной перед экспериментатором задачи зависит от удачного выбора основного уровня (центра эксперимента) и единицы (шага) варьирования изучаемого фактора. Если неправильно установлен центр эксперимента и приняты незначительные различия в дозах (градациях), то экспериментальные точки могут охватывать только лимитирующую или стационарную область, и, следовательно, на основании этой информации нельзя установить оптимальный уровень для изучаемого в опыте фактора. Точные рекомендации по выбору величины шага дать невозможно, и многое здесь зависит от квалификации и интуиции экспериментатора. При выборе шага варьирования необходимо так установить градации факторов, чтобы в лимитирующей области вызванное этим варьированием изменение результативного признака, например урожая, превышало наименьшую существенную разность.

Подчеркнем принципиальное различие между однофакторными опытами с качественными (дискретными, прерывистыми) и количественными (непрерывными) факторами, имеющее отношение к планированию повторности. В первом случае важно точнее определить прибавку урожая в сравнении с контролем (стандартом), т. е. эффект варианта, и для этого необходима достаточная обычно 4-6-кратная повторность. Во втором случае важно определить форму кривой отзывчивости, для этого надо иметь достаточное число градаций (доз) фактора в

широком диапазоне и, следовательно, выгоднее иметь больше вариантов, не повышая повторность сверх 3-4-кратной.

Требования, предъявляемые к схеме многофакторного опыта

Многофакторные схемы опыты строятся по принципу всевозможного сочетания изучаемых факторов, например разная глубина обработки почвы и различные дозы удобрений или удобрения и поливы, предшественники и сорта и т. д.

Принципиальная особенность многофакторного опыта -- возможность установить действие изучаемых факторов, характер и величину их взаимодействия при совместном применении.

Чтобы на основе данных многофакторного эксперимента можно было вычислить эффекты действия и взаимодействия факторов при планировании его схемы, необходимо выдержать принцип факториальности. Факториальными называются схемы многофакторных опытов, построенные по принципу всевозможных сочетаний факторов.

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

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

Применение полных факториальных схем особенно полезно и незаменимо при выяснении парных взаимодействий различных факторов, например удобрений и орошения, обработки почвы и известкования и т. п.

Совершенно очевидно, какое огромное значение имеют исследования, направленные на разработку такого сочетания приемов, которое может способствовать положительному взаимодействию факторов. Чаще всего оно проявляется при сочетании разноименных факторов, и, наоборот, сочетание факторов, действующих в одном направлении, часто ведет к отрицательному результату, который указывает на практическую целесообразность раздельного применения этих факторов воздействия. Все это свидетельствует о том, что при планировании многофакторных опытов в комплекс надо включить разноименные факторы.

Решающее значение для успеха многофакторного эксперимента имеет удачный выбор основного уровня (центра эксперимента) и единиц (шага) варьирования изучаемых факторов.

Целесообразно так установить шаг варьирования, чтобы нижний и верхний уровни варьирования находились в активных областях (лимитирующей и ингибирующей) на кривой зависимости результативного признака от величины отдельного фактора.

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

1. Опытные данные показывают влияние каждого фактора в различных условиях, создаваемых изменением других факторов.

2. Испытание различных сочетаний факторов позволяет получить более надежные основания для практических рекомендаций, остающихся пригодными и при изменяющихся условиях.

3. При независимом действии факторов один многофакторный опыт дает столько же информации о каждом из них, как если бы весь эксперимент был посвящен исследованию только одного фактора. Если же факторы взаимодействуют, то мы получаем большую дополнительную информацию о величине и характере их взаимодействия.

Существенный недостаток полных факториальных схем при изучении трех и более факторов в четырех-пяти и более градациях-- их многовариантность и связанные с этим затруднения практического осуществления опыта. В трехфакторных опытах, например, увеличение числа градаций каждого фактора с 2 до 5 увеличивает число вариантов с 8 до 125. Закладка опыта с большим числом вариантов требует выделения крупного земельного участка, что существенно увеличивает ошибку и усложняет техническое проведение эксперимента. Вместе с тем, чтобы получить надежные для производственного использования математические модели урожая, число точек (доз), необходимых для построения кривых действия изучаемых в многофакторном опыте факторов, должно быть не менее пяти.

Исследования показывают, что противоречия между многовариантностью и требованием иметь компактные территориальные размеры опыта можно разрешить двумя путями.

Во-первых, переходом к конструированию неполных факториальных схем, которые представляют собой специальные выборки из полных. Эти схемы должны равномерно охватывать всю область взятых для изучения градаций факторов, но содержать значительно меньше вариантов.

И, во-вторых, путем использования для постановки метода смешивания, суть которого - блокировка вариантов в компактные сравнимые группы (блоки) внутри каждого повторения. При блокировке экспериментатор намеренно жертвует взаимодействиями высшего порядка, которое в условиях полевых опытов, как правило, несущественно и не представляет интереса, смешивает их с междублоковыми различиями, чтобы более точно сравнить варианты внутри блока.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

..

1. Систематические методы
2. Рандомизированные методы.
3. Одно- и многофакторные план.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства: Учебное пособие / И.Б. Рыжков. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1264-8.
2. Кирюшин Б. Д. Основы научных исследований в агрономии: Учебное пособие / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. - М.: КолосС, 2009. - 398 с. ISBN 978-5-9532-0497-2.

Дополнительная

1. Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин, Ю.В. Лобачёв, Л.П. Шевцова, З.Д. Ляшенко. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2013, 263 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985, 351 с.
3. Худенко М.Н., Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в агрономии / М.Н. Худенко, А.Ф. Дружкин. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2003, 140 с.

3. ПОЛЕВОЙ ОПЫТ.

3.1. Требования к земельному участку.

Как правило, опыты нужно проводить на тех почвах, на которых в широких масштабах выращивают ту или иную культуру в определенной почвенно-климатической зоне.

Для пшеницы подбирают наиболее плодородные почвы с благоприятными физическими и химическими свойствами. Реакция почвенного раствора должна быть близкой к нейтральной (рН 6,0—7,5). Такие свойства имеют черноземы и темно-каштановые почвы, в Нечерноземной зоне лучшие — слабооподзоленные, среднесуглинистые и серые лесные. Пониженные и заболоченные места для пшеницы не подходят.

Сахарная свекла очень требовательна к плодородию почвы. Лучше всего выращивать ее на структурных черноземах, богатых органическим веществом (черноземы глубокие, малогумусные, оподзоленные). По гранулометрическому составу предпочтительны суглинки, реакция почвенного раствора нейтральная или слабокислая (рН 6,5—7,5). Сахарную свеклу можно выращивать не только на черноземах, но и на темно-серых оподзоленных почвах. Для свеклы плохо подходят серые и светло-серые оподзоленные и солонцеватые почвы, однако если эти почвы распространены в зоне свеклосеяния, то опыты закладывают на них.

Кукурузу можно выращивать на большинстве почв, пригодных для полевых культур. Но лучше всего она растет на почвах с глубоким гумусовым горизонтом и высокой влагоемкостью — черноземных, темно-каштановых и темно-серых легкосуглинистых, супесчаных и пойменных почвах с рН 5,5—7,0. Высокие урожаи можно вырастить и на дерново-подзолистых, осушенных торфяно-болотных почвах Нечерноземной зоны. Непригодны для кукурузы почвы, склонные к заболачиванию, сильно засоленные и с повышенной кислотностью (рН менее 5).

Для подсолнечника подбирают выщелоченные, мощные и обыкновенные черноземы, а также каштановые почвы, непригодны тяжелые глинистые, песчаные, кислые и сильно засоленные почвы. Наиболее благоприятный интервал рН 6,0—6,8.

Картофель предпочитает почвы с высокой воздухопроницаемостью — супесчаные, суглинистые черноземы, хорошо окультуренные дерново-подзолистые и серые лесные почвы, окультуренные торфяники, а также легкие песчаные почвы с внесением органических удобрений. Наиболее благоприятное значение рН 5—6. Малоприспособлены для картофеля тяжелые глинистые почвы, особенно с близким залеганием грунтовых вод.

Для гороха — культуры, требовательной к почве, — подбирают средние по гранулометрическому составу суглинистые и супесчаные плодородные почвы с нейтральной реакцией (рН 6—7). Малоприспособлены для гороха чрезмерно уплотненные глинистые, кислые и переувлажненные почвы.

Гречиху целесообразно выращивать на черноземах, удобренных оподзоленных почвах с повышенной аэрацией, влагоемких, но не заболоченных. Реакция почвенного раствора должна быть слабокислой или нейтральной (рН 5,0-7,5). Непригодны для гречихи очень кислые почвы с рН менее 5 и переувлажненные пониженные участки.

Просо хорошо удается на плодородных структурных почвах с большим запасом питательных веществ — черноземах и каштановых почвах (рН 6,5—7,5). Почвы с повышенной кислотностью для проса непригодны.

Для риса лучше всего подходят наносные почвы речных долин, связные, тяжелые, глинистые, хорошо удерживающие воду, с высоким содержанием органического вещества. Непри-

годны для возделывания риса сильно заболоченные, а также легкие песчаные почвы. Оптимальная реакция почвенного раствора слабокислая (рН 5,0—6,6), но рис мирится и с более кислой реакцией, так как после затопления активная кислотность почвы падает.

Лен-долгунец предпочитает хорошо окультуренные среднесуглинистые почвы с незначительным оподзоливанием. Тяжелые и легкие почвы (супесчаные и песчаные) для льна мало пригодны. Если лен выращивают на дерново-подзолистых почвах, их необходимо известковать. Когда опыт закладывают в севообороте, то лен размещают на поле с наиболее типичной для зоны почвой. Оптимальная реакция почвенного раствора слабокислая (рН 5,9—6,5).

Конопля дает высокие урожаи на черноземных почвах речных долин, осушенных торфяниках, темно-серых и светлосерых хорошо удобренных лесных почвах. Оптимальная реакция почвенного раствора близкая к нейтральной (рН 7,1—7,4).

Для хлопчатника основные типы почв — сероземы, сероземно-луговые и лугово-болотные почвы Средней Азии и Закавказья. Малопригодны для этой культуры почвы с близким уровнем грунтовых вод и с повышенной кислотностью.

ПОДГОТОВКА ЗЕМЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ ДЛЯ ОПЫТА

Как бы тщательно ни подбирали однородный участок для опыта, все же в разных местах этой площади плодородие будет неодинаковым. Выравнивание плодородия — первоочередная задача при подготовке земельной площади для опыта. После выравнивания плодородия почву окультуривают на необходимую глубину. Если опыт планируется проводить в севообороте, то вводят необходимый севооборот или отдельные севооборотные звенья с определенными фонами удобрений.

Для выравнивания плодородия и окультуривания почвы на необходимую глубину используют уравнительный посев, т. е. посев одной культуры, одного сорта, выравненными семенами при одинаковой агротехнике на всей площади будущего опыта. Уравнительные посевы проводят 2—3 года, посевная культура каждый год меняется в соответствии с требованиями севооборота. Уравнительный посев действует на почву следующим образом. На участках, где плодородие почвы выше, урожай будет высоким и из почвы будет вынесено больше питательных веществ. А там, где плодородие почвы ниже, из почвы будет вынесено с урожаем меньше питательных веществ. Таким образом в течение 2—3 лет плодородие почвы почти полностью выравнивается.

Для уравнительного посева используют культуры, высеваемые сплошным способом, — овес, вико-овсяную смесь, ячмень. Каждый год их меняют. Урожай целесообразнее убирать не на зерно, а на зеленую массу. В этом случае посевы лучше очищаются от сорной растительности, кроме того, зерновые на зеленую массу — хороший предшественник для опытной культуры. Если пестрота плодородия почвы обусловлена различной подпочвой, разным уровнем грунтовых вод и т. п., то ее нельзя устранить уравнительным посевом, такой участок надо забраковать.

Плодородие почвы можно выравнивать равномерным внесением тех питательных элементов, которые находятся в почве в минимуме для опытной культуры. Варьирование плодородия почвы можно снизить, если все элементы агротехники уравнительных посевов проводить одинаково на всей площади будущего опыта. Особое внимание обращают на выполнение одинаковых мер борьбы с вредителями, болезнями и сорными растениями на всей площади уравнительного посева.

Кроме обычной подготовки площади проводят еще специальную в опытах с орошением, осушением, а также на участках после раскорчевки кустарников. За 2—3 года до проведения опытов с орошением для выравнивания плодородия почвы всю площадь поливают умерен-

ными нормами, предварительно выровняв поверхность. Такая подготовка должна обеспечить равномерность орошения и регулировку подачи воды на опытные делянки в зависимости от вариантов опыта.

В зонах чрезмерного увлажнения почвы осушение участка проводят одним и тем же способом на всей площади. Метод осушения зависит от размеров и формы опытных делянок, формы повторений и всего опыта. После осушения на всех опытных делянках условия увлажнения должны быть одинаковыми. Для этого дренажи, открытые каналы должны быть расположены перпендикулярно длинным сторонам опытных делянок сбоку от них.

Площади после раскорчевки очищают от кустарников и деревьев, вычесывают корни, выравнивают поверхность почвы, засыпают ямы. В первые годы проводят частую глубокую вспашку и выбирают при этом остатки растений. После такой специальной подготовки на всей площади опыта проводят уравнивательные посевы. После последнего посева иногда можно глазомерно оценить варьирование плодородия почвы и выделить будущие повторения опытов, т. е. обойтись без рекогносцировочного посева. Глазомерное выделение повторений целесообразно в производственных условиях.

3.2. Форма, размеры и ориентация делянок.

Размещение разработанной схемы опыта на площади – это важный этап проведения полевого эксперимента, от правильности выполнения которого во многом зависит точность и достоверность проводимых исследований.

Перед разбивкой участка в натуре, необходимо составить схематический план размещения делянок опыта.

Исходные данные для вычерчивания схематического плана (размер делянок, защитных полос, число повторностей и т.д.) рассчитывают на основании изучения конфигурации участка, характера рельефа, почвенного плодородия, вида посева, техники проведения опыта и т.д. В готовом схематическом плане указывают точные размеры общей и учетной площадей делянок, повторений и всего опыта, ширину защитных полос между делянками и на концах их, а также порядок взаимного расположения вариантов, ярусность размещения делянок, ширину дорог и междурядных полос при многоярусном размещении, отдаленность опыта от лесных дорог и другие показатели.

Часто все участки, предназначенные под опыты выделяют заранее. Такую предварительную разбивку делают с учетом всех особенностей почвенного покрова поля и данных дробного учета. Границы опытных участков и дороги между ними фиксируются постоянными знаками. В этом случае отдельные опыты укладывают в готовые границы. Поэтому возможность выбора размера и формы делянок здесь несколько ограничивается, они устанавливаются в соответствии с шириной и длиной участка.

Таким образом, исходя из схемы опыта, конфигурация участка, предварительного размера учетной площади делянки и других показателей, следует произвести необходимые расчеты, установить окончательный размер и форму посевной площади делянки, нанести на план расположение всех делянок по повторностям и ярусам и произвести разбивку участка под опыт в натуре.

Разбивка участка для закладки опыта

Исходные данные:

Тема опыта.....

Схема опыта:

1.....

2.....

3.....

4.....

Участок, отведенный под опыт:

форма.....

длинная сторона.....м,

короткая сторона.....м;

почва.....

характер плодородия.....

Размер учетной площади делянки.....м², ширина защитной полосы вокруг учетной делянки.....м.

Оборудование:

стальная мерная лента, рулетка, длинный шнур, вешки длиной 1,5-2,0 м (5-10 штук), 4 угловых столбика (реперы – 4 шт.), рабочие колышки диаметром 3-4 см и длиной 25-30 см (в количестве, равном удвоенному числу всех делянок), эккер для построения прямых углов.

Техника и правила разбивки участка:

1. Разбивку участка следует начинать с выделения общего контура опыта и контуров отдельных повторений.

Опыт необходимо расположить так, чтобы его со всех сторон окаймляли защитные полосы не менее 5 м, а минимальное расстояние до ближайшей лесополосы было не менее 50 м.

Общий контур и контур повторений следует выделять с возможно большей точностью: допустимая неувязка при отграничении общего контура не должна превышать 5-10 см на 100 м длины.

2. Техника выделения контура опыта. По одной из длинных сторон участка прокладывают прямую линию А1Д1 по вешкам или по шнуру. Затем отступают от границы поля 5-10 м и забивают колышек А. Затем по линии А1Д1 отмеряют требуемое по плану расстояние и ставят колышек Д.

В₁ В

С С₁

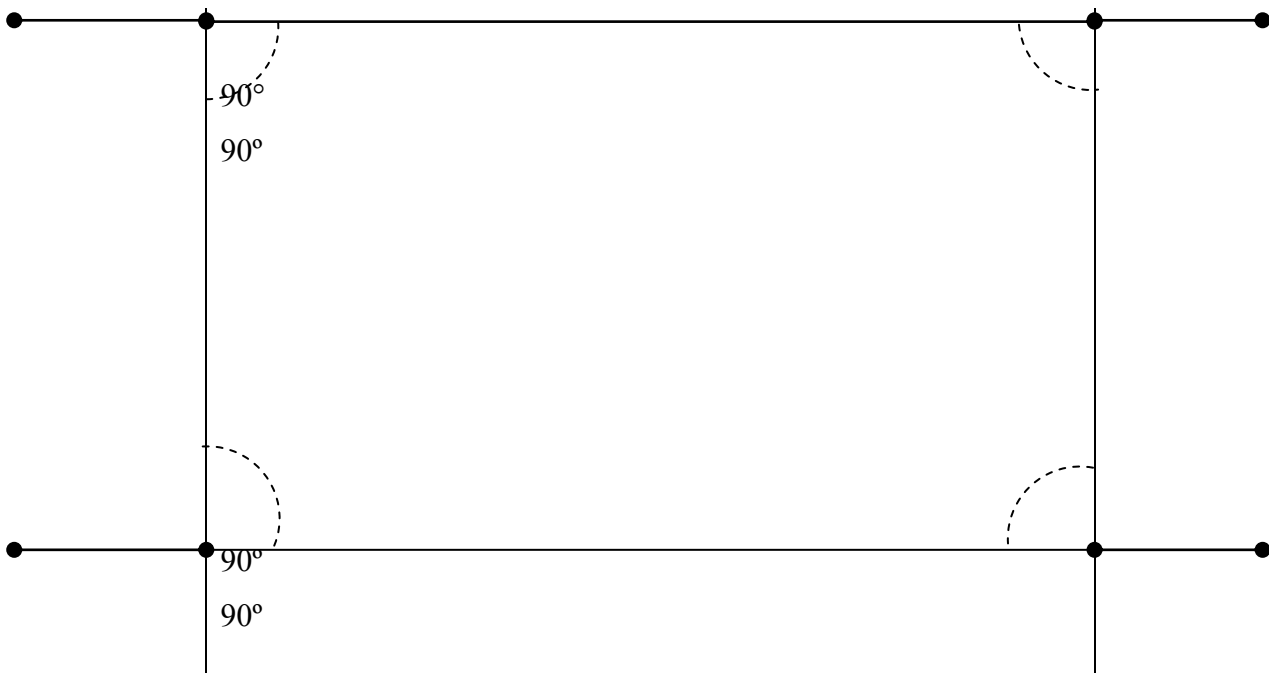


Рис.5. Выделение контура земельного участка под опыт

В точках А и Д восстанавливают перпендикуляры к линии АД. От точек А и Д по перпендикуляру откладывают необходимое расстояние и фиксируют границы опыта кольшками В и С.

Если прямые углы были построены верно, то линия АД=ВС и АВ=СД.

При неувязке, превышающей допустимые пределы, работу следует повторить.

После выделения общего контура опыта его разбивают на повторения, а затем на делянки.

При отсутствии теодалита или готового эккера линии можно проложить под прямым углом при помощи самодельного эккера, а также с помощью шнура, рулетки и вешек, используя известное положение геометрии о том, что в прямоугольном треугольнике квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов ($a^2=b^2+c^2$), т.е. восстановление перпендикуляра в этом случае основывается на теореме Пифагора или на использовании свойств медианы равнобедренного треугольника.

Построение прямого угла с использованием теоремы Пифагора осуществляются следующим образом:

- на шнуре отмечают три последовательных отрезка 3, 4 и 5 м;
- затем от точки А по линии АД откладывают расстояние 3 м и забивают кольшек (точка «д») и к нему прикрепляют конец шнура (рис.7).

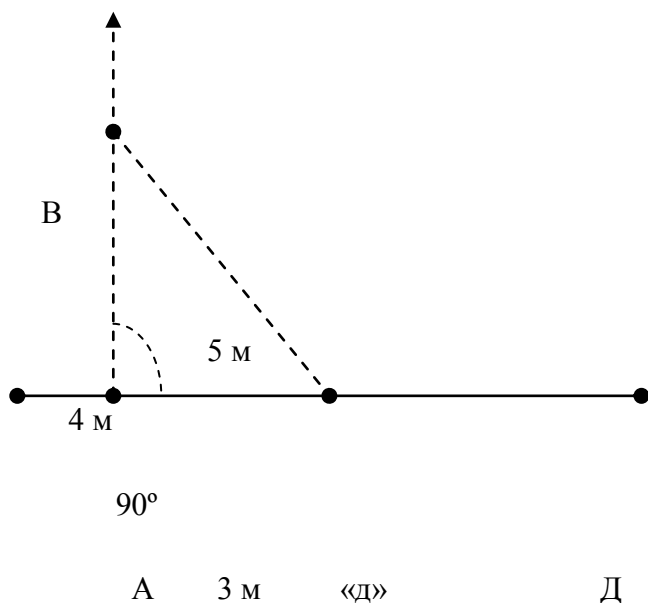


Рис. 6. Построение прямого угла на основании теоремы Пифагора

– шнур протягивают к кольшку в точке А и отметка «3 м» на шнуре должна совпадать с точкой А;

– от точки А шнур протягивают в направлении предполагаемой линии АВ и на отметке «4 м» его поворачивают и другой конец с отметкой «5 м» прикладывают к точке «д», длина последней линии (гипотенуза) должна быть равна 5 м.

– взяв шнур за отметку 4 м, его натягивают по гипотенузе и катету, находя таким образом точку В, соединение этой точки с точкой А и определит прямой угол, образуемый линиями АД и АВ.

При построении прямого угла с использованием средств медианы равнобедренного треугольника от точки А в обе стороны по линии АД откладывают равные расстояния (5 м) и в отмеченных точках забивают колышки (рис.6). Отрезками шнура равной длины (10 м) делают засечки в направлении предполагаемой линии АВ.

От точности отбивки общего контура участка зависит точное размещение всех делянок опыта.

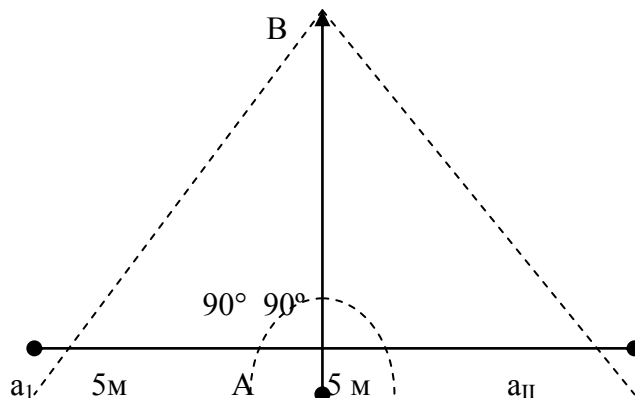


Рис.7. Построение прямого угла с использованием свойств медианы равнобедренного треугольника

Работу по нанесению в натуру контура опытного участка можно считать оконченной, если линия соединяющая точки В и С, окажется равной линии АД. Величина неувязки для общего контура не должна превышать 10 см на 100 м длины.

2. После выделения общего контура приступают к разбивке его на делянки и повторения. Эту работу проводят с помощью ленты или рулетки. При одноярусном расположении делянок достаточно отложить их ширину по длинным сторонам участка, отметив границы каждой делянки колышком.

Размещение вариантов

Систематическое размещение вариантов. К систематическим методам размещения вариантов в повторениях относятся два основных:

- 1 – последовательный (обычный)
- 2 – стандартный.

С точки зрения статистического выборочного метода исследования систематическое размещение делянок близко к механической выборке, когда изучаемые и контрольные варианты располагаются на площади через определенный, заранее намеченный интервал.

Последовательное расположение вариантов при одноярусной системе закладки опыта, когда они размещаются в той последовательности на всех повторениях, которая установлена исследователем из соображений организационно-технического характера – удобства обработки почвы, внесения удобрений, посева, ухода, уборки урожая и т.п.





Рис. 11. Стандартный способ размещения вариантов – контроль через одну опытную делянку (ямб-метод)

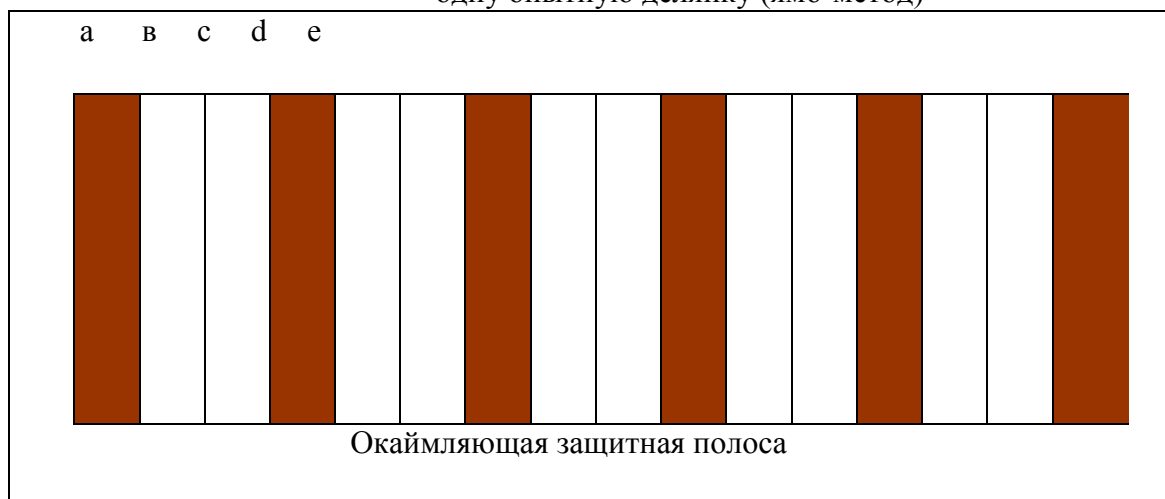


Рис.12. Стандартный метод размещения вариантов – контроль через две опытные делянки (дактиль-метод)

При стандартном методе размещения вариантов сравнение каждого изучаемого проводят со своим контролем, урожай которого вычисляют способом линейной интерполяции путем нахождения промежуточных значений функции, исходя из предположения о постепенном изменении плодородия почвы земельного участка.

При ямб-методе урожай интерполированного контроля, т.е. урожай который был бы получен на опытном варианте, если бы на нем не применялся изучаемый прием, будет равен полусумме урожаев двух примыкающих к опытному варианту контролей. С этим интерполированным урожаем и сравнивают урожай опытного варианта. Так, контроль для делянки «в» будет равен $v = a + c/2$, а для делянки $d = c + e/2$ и т.д.

При работе дактиль-методом интерполированный контроль для делянки $B = 2a + d/3$, а для делянки $c = a + 2d/3$.

Сравнение с интерполированным и средним контролем значительно точнее, чем обычно рекомендуемое сравнение только с парным, примыкающим стандартом.

Одной из модификаций стандартного дактиль-метода служит так называемый парный метод (Б.А.Доспехов, 1965).

По заключению некоторых авторов, парный метод не имеет особых преимуществ перед обычным методом организованных повторений в отношении точности опыта.

Существенный недостаток всех стандартных методов – их громоздкость.

Случайное размещение вариантов. Random – случайный или рендомизированный метод размещения вариантов на участке основывается на том, что всякое систематическое размещение искажает ошибку опыта, увеличивая ее, так как принятая заранее единая система расположения делянок, перекрещиваясь с систематическим изменением плодородия, ведет к искажениям средних величин по вариантам и к неравноточным попарным сравнениям.

Применение жребия устраняет неравноточность сравнений и превращает систематические ошибки в случайные.

Наибольшее распространение в опытной работе имеют два метода случайного размещения вариантов: 1 – рендомизированные повторения и 2 – латинский квадрат.

Рендомизированные повторения или блоки могут размещаться в один или в несколько ярусов. Каждое повторение (блок) подразделяются на делянки по числу вариантов, которые в каждом повторении размещают по жребию.

I повторение				II повторение			
8	4	3	2	5	1	7	6
5	6	1	7	8	3	2	4
III повторение				IV повторение			
1	5	7	4	4	8	6	1
6	2	3	8	3	5	7	2
Окаймляющая защитка							

Рис. 13. Рендомизированное размещение вариантов в четыре яруса

Для каждого повторения проводится своя жеребьевка. При большом наборе вариантов (1,2,3,4,5,6,7,8) в 4-х повторностях можно в каждом повторении расположить варианты в два ряда, т.е. по четыре делянки в каждом ряду повторения (рис. 14).

Недостаток метода – это возможность размещения рядом одноименных вариантов.

Этого недостатка не имеет метод латинского квадрата, где вводится дополнительное ограничение.

Латинский квадрат (рис. 15). Число повторений обязательно должно быть равно числу вариантов, а поэтому общее число делянок в опыте всегда равно n^2 : при 4-х вариантах 16 делянок (4x4); при 5-и – 25 делянок (5x5), 6-и – 36 делянок (6x6) и т.д.

На площади участка они располагаются рядами и столбцами и могут иметь различную форму – квадратную, прямоугольную или вытянутую. В каждом столбце и ряду должен быть полный набор всех вариантов, и ни один из вариантов не повторяется дважды ни в строке, ни

в столбце (рэндомизация с двумя ограничениями). Варианты размещаются внутри столбцов и рядов по жребью.

4x4

5x5

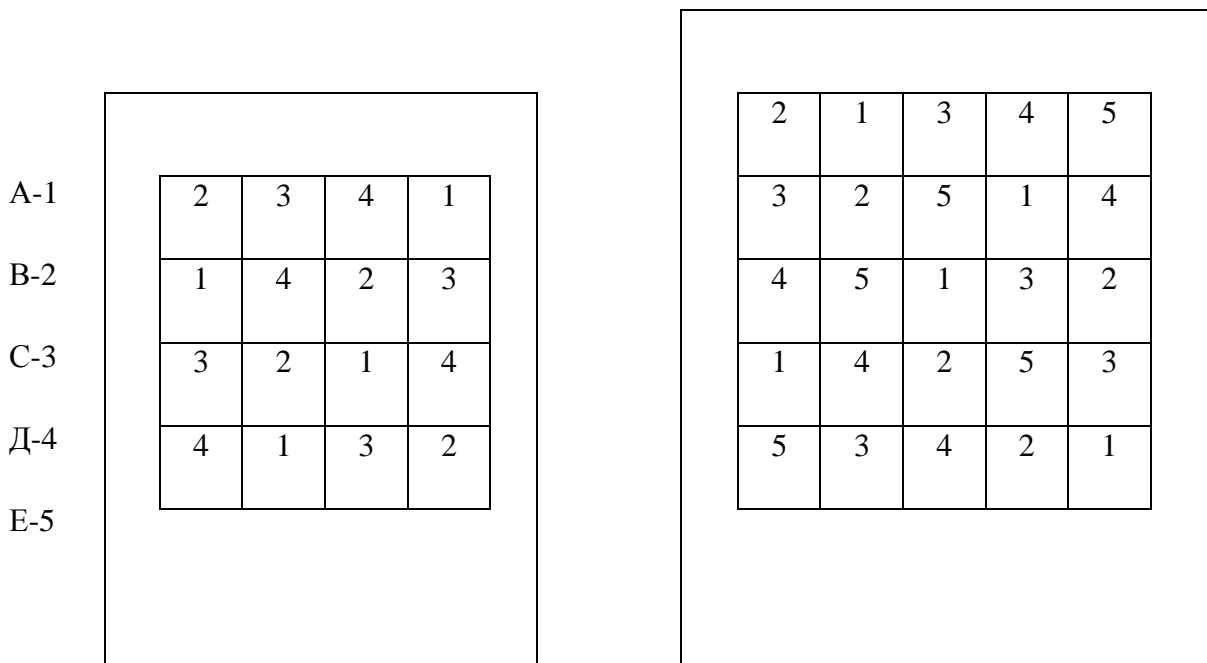


Рис.14. Расположение вариантов на опытном участке латинским квадратом 4x4 и 5x5

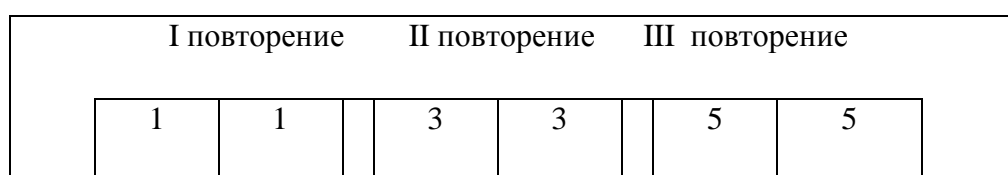
При жеребьевке, в случае повтора варианта в столбце, этот порядок отвергают и проводят новую жеребьевку, пока не будет совпадения одноименных вариантов по столбцам. Последняя строка заполняется автоматически.

Применение латинского квадрата в сельскохозяйственных опытах обычно повышает точность опытной работы.

В процессе статистической обработки результатов опыта методом дисперсионного анализа различия в плодородии почвы между столбцами и рядами исключаются из ошибки.

Схема латинского квадрата является удобной формой эксперимента на малых делянках (на первых этапах селекционной работы, изучения ядохимикатов, новых форм удобрений или гербицидов). При большом числе вариантов опыт становится громоздким (10x10=100).

Метод расщепленных делянок (метод звеньев). В некоторых опытах проводили испытание на выявление действия двух факторов: разные предшественники и разные способы обработки почвы, сорта испытываются при разных нормах посева и разных фонах предпосевного удобрения и т.д. В этом случае применяют способ расщепленных делянок, где выделяют главные делянки (первого порядка), которые расщепляются на малые субделянки, или делянки второго порядка, предназначенные для вариантов удобрений или др.



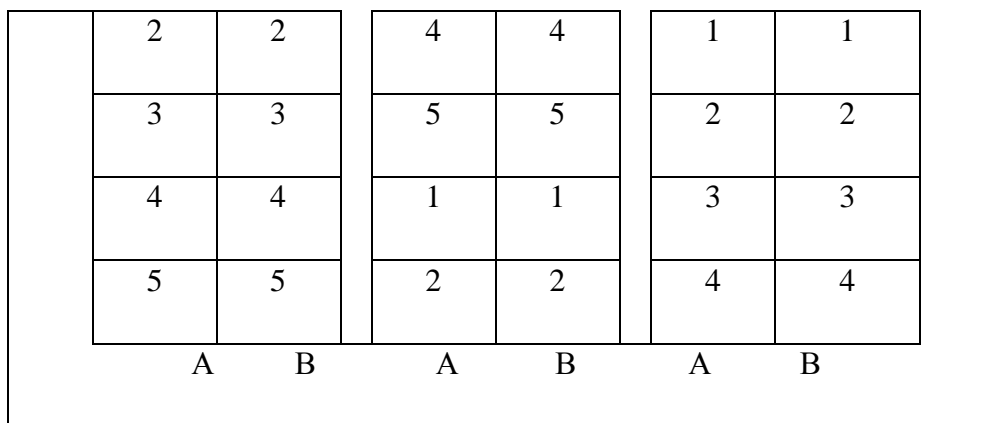


Рис.15. Размещение опыта методом расщепленных делянок по изучению двух способов обработки почвы и пяти вариантов удобрений:

A, B – способы обработки почвы;

1,2,3,4,5 – делянки второго порядка (удобрений)

Размещение вариантов по главным делянкам и субделянкам может быть систематическим и случайным. Варианты главных делянок рендомизируются самостоятельно по каждому повторению, а варианты второго порядка (субварианты) рендомизируются каждый раз заново по каждой главной делянке.

Можно включить и делянки третьего порядка, однако статистический анализ таких экспериментов затрудняется (следует высчитывать три ошибки при оценке точности опыта).

3. После выделения общего контура опыта делают разбивку на делянки и повторения. При одноярусном расположении делянок достаточно отложить их ширину по длинным сторонам участка, отметив границы каждой делянки кольшком. Кольшки на границах делянок нужно вбивать точно возле отметок всегда с одной стороны мерной ленты. На кольшках (на стороне, обращенной внутрь делянки) указывают номера делянок и повторений. Ширина последней делянки должна быть одинаковой с остальными, в противном случае работу нужно повторить заново.

При многоярусном расположении опыта сначала откладывают ряды делянок (ярусы) по сторонам АВ и СД или АД и ВС одновременно выделяя дорожки между рядами. Разбивку рядов на делянки лучше всего проводить по отдельности.

По окончании разбивки опыта необходимо надежно закрепить его границы, от которых всегда можно было бы восстановить границы повторений и делянок. В каждом опыте нужно обязательно закрепить две стороны (линии АД и ВС), продолжая их по прямой в обе стороны до точек А1, В1, С1, Д1, находящихся за пределами обрабатываемой площади (реперы). Расстояние от реперов до угловых кольев нужно тщательно измерить и записать с тем, чтобы в случае утери угловых колеев их можно было бы восстановить.

3.3. Организация и проведение полевых работ.

На опытном поле, где проводят несколько опытов, агротехника зависит от исследуемой культуры, ее предшественника, а также задач опыта. Вся агротехника состоит из агрофона, который должен быть единым для всего опыта, а также из тех агротехнических приемов, которые изучают в разных вариантах опыта. Агрофон — это сумма элементов агротехники, определенная технология выращивания той или иной культуры, на фоне которой изучают эффективность всех вариантов конкретного опыта от начала до конца. В различных опытах соз-

дают определенный агрофон, который зависит не только от испытываемой культуры и сорта, но и от предшественника, систем обработки почвы, удобрения, защиты растений от сорняков, вредителей и болезней.

Каждый агрофон должен обеспечить объективную оценку (агротехническую и экономическую) агроприемов, которые изучают в опыте. Именно в этом заключается основное назначение агрофона. На низком агрофоне нельзя проводить опыты для оценки перспективных культур и сортов. В то же время на фоне высоких доз органических удобрений нецелесообразно изучать действие малых доз минеральных удобрений. На фоне глубокой вспашки до закладки опыта изучение вспашки на меньшую глубину будет нарушением типичности опыта. Таким образом, условия агрофона должны быть типичными и пригодными для определенных опытов. Иногда агрофон может быть включен в схему опыта в качестве одного из контролей.

Для опытной культуры выбирают типичные для данной зоны предшественники. Для выполнения всего комплекса агротехнических работ составляют детальный план, в котором указывают сроки, виды работ, способы их выполнения, машины и орудия. Проводят эти работы в сжатые сроки. Если нет возможности выполнить работы на всем опытном поле за один день, их можно перенести на другой день, но только в пределах целого повторения.

Внесение удобрений. Для создания агрофона или изучения в опытах удобрений их вносят равномерно, в сжатые сроки и сразу же заделывают в почву. Перед внесением удобрений берут образцы почвы для агротехнических анализов, которые используют для обобщения результатов опыта. Методика расчета доз удобрений описана на примере опыта с удобрениями кукурузы.

Навески удобрений массой до 1 кг берут с точностью до 1 г, массой 1—10 кг — 10 г, а больше 10 кг — до 100 г.

Органические удобрения перед внесением тщательно перемешивают, опытную делянку разбивают на квадраты, для которых навески органических удобрений готовят отдельно, и равномерно распределяют удобрения по всей площади каждой делянки. Нельзя оставлять органические удобрения на делянках в кучах дольше, чем на один день.

Вносить удобрения механизированным способом можно на делянках большого размера или в том случае, когда удобрения служат агрофоном, их равномерно распределяют на всей площади опыта и на одинаковую глубину заделывают в почву.

Обработка почвы. Если обработка почвы не является объектом изучения в опыте, ее выполняют на всем опытном участке высококачественно, одновременно, одинаково, чтобы создать единый агрофон.

Плуг включают в работу за 1 м до границы опытных делянок. Первую борозду проводят по заблаговременно отбитой линии и поперек длины делянок. На делянках квадратной формы вспашку можно проводить в обоих направлениях, но обязательно поперек склона. Вспашка должна быть загонной и только в одну сторону, чтобы предотвратить образование разъемных борозд и гребней. Перед закладкой опыта вспашку его окраин (защитных полос) проводят поперек обработки опытных делянок со свалом в сторону опыта. Это позволяет своевременно заглублять плуг при закладке опыта с обработкой почвы.

Посев и посадка растений. Если посев не является объектом исследований, то его проводят одновременно, в сжатые сроки и одинаково на всех делянках опыта.

Для создания агротехнического фона посев проводят в соответствии с рекомендациями научных учреждений России для конкретной почвенно-климатической зоны и даже подзоны. Направление посева — перпендикулярно длинной стороне делянок. Первый проход агрегата проводят по туго натянутому шнуру или же ровно отбитой борозде.

Сеялку включают в работу за 1 м до границы опытной делянки, а выключают через 1 м после выхода сеялки за границы делянки. Во время посева или посадки следят за тем, чтобы на каждой делянке были одинаковыми число рядков и густота растений, крайние рядки должны размещаться от границ делянок на половину расстояния междурядий. Для создания одинаковой густоты растений посев проводят по количеству всхожих семян на единицу площади. Весовую норму высева семян (кг/га) рассчитывают по формуле

$$N_v = N_{ка},$$

где $N_{ка}$ — количественная норма высева, млн семян на 1 га; a — масса 1000 семян, г.

Уход за растениями. За опытными посевами ухаживают так же, как и за производственными, но более четко выполняют все агротехнические процессы, детально регулируют машины и орудия, в оптимальные и сжатые сроки проводят все работы. Переносить выполнение каких-либо агротехнических процессов на второй день можно только в пределах повторений.

После появления всходов осматривают опытные делянки, чтобы определить равномерность всходов, наличие огрехов, просевов или загущенных рядков. При загущении всходы прореживают, при изреженности проводят подсев намоченными семенами.

При осмотре делянок после появления всходов отбивают поперечные (концевые) защитные полосы (вырезают тяпкой узкие дорожки), возобновляют границы делянок, расставляя на них кольшки. При прополке сорняков можно проводить учет засоренности посевов в зависимости от вариантов опыта.

Рыхление междурядий, окучивание, подкормки, орошение, борьбу с болезнями и вредителями проводят на одинаковом агротехническом уровне на всех делянках опыта, а также за их пределами, на соседних площадях вокруг опыта и в те же самые сроки. Возле опыта устанавливают стенд с его описанием, а на делянках — этикетки. Дороги и дорожки в период проведения опыта поддерживают в чистом состоянии. Учеты и наблюдения проводят согласно плану опыта.

3.4. Учет урожая.

Изучение особенностей созревания хлебных злаков

Изучая особенности созревания хлебных злаков, а связи с этим и особенности их уборки необходимо обратить внимание на следующее.

Озимая рожь созревает дружно, но при перестое и неустойчивой погоде осыпается сильнее других культур. Она хуже пшеницы дозревает в валках, поэтому скашивать ее следует начинать, когда она достигнет полной восковой спелости.

Озимая и яровая пшеница хорошо дозревает в валках, поэтому скашивают ее, когда зерно достигнет восковой спелости.

Ячмень тоже хорошо дозревает в валках. Его можно начинать скашивать в стадии восковой спелости. При запаздывании с уборкой колос ячменя поникает, становится ломким, что приводит к значительным потерям урожая.

Овес и просо созревают неравномерно, поэтому уборка их начинается в период, когда в верхней части метелок у большинства растений зерно полностью созрело, а в средней их части наступила восковая спелость.

Убирать зерновые хлеба следует преимущественно отдельным способом, начиная в фазу восковой спелости и заканчивая к полной спелости зерна.

Наступление восковой спелости зерна у хлебных злаков можно определить различными способами.

По состоянию зерна. По диагонали делянки с 3-4 рядков срезают колосья (с 1 п.м на каждом рядке). Эта работа проводится в 3-5-кратной повторности.

Колосья обмолачиваются, зерно провеивается. Для выделения образца, по которому определяется фаза спелости зерна, тщательно перемешанные семена высыплются на лист фанеры или на стол и разравниваются в виде квадрата. Квадрат делят на 4 части крестообразно, после чего из двух противоположных частей квадрата семена удаляют, а оставшуюся часть снова разравнивают в виде квадрата и делят крестообразно. Такое деление повторяется до тех пор, пока в двух противоположных треугольниках не останется по 150-200 зерен. Из полученного образца отбирается 100 зерен, из которых определяется процент семян той или иной спелости. Так поступают с каждой пробой, в итоге выводят средние показатели.

Вступившее в восковую спелость зерно легко режется ногтем и не содержит «молочка».

По влажности зерна. Навески зерна отбирают так же, как и при определении спелости по состоянию зерна, взвешивают их на аналитических весах, затем высушивают в сушильном шкафу до постоянного веса.

Влажность зерна вычисляют в процентах к массе высушенной навески по формуле:

$$B = \frac{A}{B} \cdot 100, \text{ где}$$

B – влажность зерна, %;

A – вес испарившейся воды, г;

B – масса сухого зерна, г;

100 – пересчет влажности, %.

Зерно яровой пшеницы в стадии восковой спелости содержит влаги не более 38%, в период полной спелости – не более 25%.

Химический метод. Для определения спелости зерна химическим методом в поле срезают 20-25 колосьев со стеблями длиной 20-30 см, выше верхнего стеблевого узла, и ставят их в узкие сосуды (пробирки) с однопроцентным раствором эозина на глубину 10-15 см. Через три часа колосья вынимают из раствора и по интенсивности окрашивания определяют степень спелости зерна. Зерно молочной спелости интенсивно окрашивается в красный цвет, в тестобразном состоянии – в розовый цвет, а в восковой спелости – вообще не окрашивается в связи с прекращением проникновения пластических веществ в зерно.

Подготовительная работа и выбор способа уборки

До начала уборки составляют рабочий план, намечают для проведения этой работы маршруты движения уборочных агрегатов и устанавливают очередность скашивания зерновых хлебов и их сортов.

Из озимых хлебов раньше созревает рожь, а из ранних яровых – ячмень, затем – мягкая и твердая пшеница, овес. Сроки скашивания хлебов на разных участках зависят также от типа почвы, рельефа, экспозиции склона и др.

Каждое поле разбивается на загонки. Наиболее рациональным считается прямоугольный загон, у которого длинная сторона больше короткой в 5-8 раз.

При выборе способа уборки учитывают особенности культуры, засоренность посевов, густоту стояния и высоту стеблестоя хлебов, техническую оснащенность, погодные условия.

При этом необходимо действовать сообразно главному требованию, предъявляемому к уборке, - не допускать потерь зерна и снижения его качества.

Раздельным способом следует убирать (в фазе восковой спелости) наиболее высокорослые, высокоурожайные хлеба, а также засоренные, неравномерно созревающие и полегшие посевы.

Прямое комбайнирование надо применять при уборке низкорослых хлебов, с редким хлебостоем, а также чистых от сорняков посевов в фазе полной спелости зерна.

В процессе раздельной уборки определяют высоту среза хлебов, готовность валков к обмолоту, направление движения комбайна при обмолоте.

Самые лучшие агротехнические (дозревание зерна) и наиболее экономичные (повышение производительности труда и увеличение грубого корма) результаты достигаются, когда при раздельной уборке стерню оставляют высотой 10-12 см, валки же сдваивают или страивают в зависимости от мощности хлебостоя. В одинарный валок следует скашивать только самые высокорослые хлеба с большим намолотом зерна.

Готовность валков к обмолоту определяют по влажности зерна и соломы, а также по внешним признакам: зерно становится твердым и легко отделяется растиранием колоса между ладонями, солома делается хрупкой, а листья сорняков сухими.

Определение потерь урожая при уборке

Потери урожая при уборке возникают при осуществлении следующих операций: после прохода жатки, прохода подборщика, а также в результате недостатков в работе молотильной части уборочных агрегатов.

Для определения потерь первого ряда под платформой жатки на ширину ее захвата подвешивают брезент. Через каждые 100 м хода агрегата зерно, скопившееся в брезенте, очищается и взвешивается. Зная ширину захвата жатки, определяют площадь, с которой собрано потерявшееся зерно, и делают пересчет потерь на 1 га.

Потери зерна в срезанных и несрезанных колосьях можно определить следующим образом. На скошенной полосе между валками по ее длине (10 м) накладывают метровки (5-10 шт.), с которых собираются срезанные и несрезанные колосья и считается осыпавшееся зерно. Колосья обмолачиваются, зерно очищается и взвешивается.

С осыпавшимся зерном поступают так же. Затем определяют потери на 1 га. Для этого после работы подборщика на полосе длиной в 100 м собирают все потерянные и несрезанные колосья, обмолачивают их, а зерно отвеивают и взвешивают. Зная ширину захвата жатки и длину полосы (100 м), производят расчет потерь на 1 га. Осыпавшееся в валке зерно с выделенных метровок (5-10 шт.) считается и взвешивается, после чего подсчитывают потери на 1 га.

Потери зерна из-за недостатков работы молотильной части агрегата определяются в ворохе соломы, выброшенном соломонакопителем. Ворох от самоходного комбайна имеет объем 13 м³. Ворох соломы переносят на брезент, перебирают и перетряхивают.

Необмолоченные колосья собирают, обмолачивают, зерно отвеивают и взвешивают. Так же поступают с зерном, оставшимся на брезенте. Зерно под ворохом подметают и взвешивают. Затем определяют потери в ворохе и подсчитывают потери на 1 га. Все потери суммируют. При необходимости, совместно с работающими на агрегате, принимаются меры по устранению причин, вызывающих те или иные потери.

Результаты работы записываются в журнал по форме, делаются соответствующие выводы.

Учет урожая зерна и определение его потерь при уборке

Культура, вариант	Дата уборки	Густота стояния растений	Уборанная	Всего намолотом	Средний урожай зерна, т/га	Потери зерна в пересчете на 1 га, кг, т
-------------------	-------------	--------------------------	-----------	-----------------	----------------------------	---

опыта		при уборке, шт. на 1 кв.м	площадь, га	лоче-но зерна, кг, т	фак-ти-чес-кий	в пере-воде на 14%-ную влаж-ность	после про-хода жатки	после про-хода под-бор-щика	в со-ломе после об-моло-та	об-щие

Выполнил _____

Ф.И.О.

« ____ » _____ 20__ г.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТА

(дана по методическим указаниям В.С.Павлова)

Результативность научных разработок, их практическую значимость подтверждает экономические показатели, рассчитанные по контролю и вариантам технологических рекомендаций.

Исходным материалом для расчета экономической эффективности производства зерна какой-либо культуры, маслосемян, клубней картофеля или другой продукции в конкретных условиях или возделывание новых сортов, нетрадиционных культур, внедрение разработанных агроприемов и усовершенствованных агротехнологий их возделывания является – технологическая карта, как основной документ, подтверждающий достоверность исходной информации и сравнимость полученных результатов, и совокупность показателей, рассчитанных по контролю и опытным вариантам:

1. Урожайность или выход конечной продукции, в тоннах с 1 га (по кормовым культурам этот показатель может быть выражен в кормовых и протеиновых единицах). При необходимости учитывается выход побочной продукции.

2. Оценка полученного урожая с 1 га в действующих ценах на данный вид продукции с обязательным учетом ее качества, так как от этого зависит цена реализации.

Для кормовых культур делается перевод в к.ед., которые оцениваются по стоимости зерна овса (ячменя).

3. Прямые затраты на выполнение всех работ по выращиванию, уборке и первичной доработке продукции, включая и незавершенное производство, в руб. на 1 га (из технологической карты).

4. Общая сумма затрат (включая расходы по управлению производством), в руб. на 1 га.

5. Затраты труда, в чел.-ч на 1 т продукции.

6. Расчетная себестоимость продукции, в руб. на 1 т (ц).

7. Условный чистый доход, в руб. на 1 га. Доход назван условным потому что, определен исходя из расчетной, а не фактической себестоимости.

8. Уровень рентабельности производства продукции, в %.

Все перечисленные показатели заносятся в сводную таблицу. Так как выход продукции определяется с 1 га, то и экономические показатели (кроме пунктов 5, 6, и 8) должны быть приведены к 1 га.

При оценке экономической эффективности выращивания исследуемой культуры или применения опытного агроприема применяется расчетный метод экономической оценки с при-

влечением технологической карты, составленной в хозяйстве, или, рассчитанной самостоятельно.

Полученные экономические показатели в вариантах опыта носят не фактический, а оценочно-сравнительный характер при прочих равных условиях по сравнению с контролем, что дает возможность объективной оценки степени воздействия данного агроприема на экономические результаты и максимально приближает расчеты к реальным условиям.

При оценке деляночных опытов также составляется технологическая карта, но не на ручное, а на механизированное выполнение работ. По существу, это оценка экономических возможностей и целесообразности опыта, которые могут быть реализованы при перенесении его в производство.

Нет необходимости составлять технологические карты на все варианты опыта, достаточно рассчитать одну для контрольного варианта, как правило, с наименьшей урожайностью.

Все затраты в технологической карте условно можно подразделить на два вида: постоянные и переменные.

Постоянные затраты труда и средств не зависят от схемы опытов, они одинаковые на всех вариантах и рассчитываются отдельным фрагментом технологической карты по всем операциям – от вспашки зяби до уборки урожая (исследуемые операции в этот фрагмент карты не включаются).

К переменным затратам относятся:

1. Затраты труда и средств на выполнение исследуемых операций (внесение удобрений, поливы, различные способы обработки почвы и семян и т.д.).

2. Стоимость использованных семян, удобрений, пестицидов, воды и др. в зависимости от норм расхода по вариантам опыта.

3. Изменяющиеся затраты труда и средств на уборку урожая, различного по вариантам опыта.

4. Затраты на транспортировку урожая по вариантам опыта.

Постоянные затраты на выращивание зеленой массы кукурузы

Наименование операций	Затраты труда, чел.-ч			Всего прямых затрат, руб.
	механизаторы	прочие работники	всего	
Лушение стерни	2,6	-	2,6	
Вспашка зяби	4,3	-	4,3	
Снегозадержание	2,7	-	2,7	
Боронование и т.д. до уборки, но без внесения удобрений.....	1,1	-	1,1	
ИТОГО			1420	54100
на 1 га			14,2	541,0

Первый фрагмент технологической карты включает постоянные затраты труда и средств на контроле, с операциями, одинаковыми для всех вариантов (без операций по внесению удобрений и уборке).

Затем составляется второй фрагмент технологической карты с переменными затратами труда и средств по операциям внесения удобрений в почву.

Предпосевное внесение удобрений (фрагмент технологической карты)

Наименование операций	Затраты труда, чел.-ч			Всего прямых затрат, руб.
	механизаторы	прочие работники	всего	
Смешивание удобрений Внесение удобрений.....				
ИТОГО на 1 га			230 2,3	300 3,0

Необходимо произвести перерасчет норм действующего вещества в натуральные выражения, отдельно по каждому варианту опыта.

Определяются затраты, связанные с приобретением удобрений (табл.35).

Затраты на удобрения

Показатели	Виды удобрений			Всего
	аммиачная селитра	двойной суперфосфат	калийная соль	
Оптовая цена, руб./кг				х
Торговая наценка, %	25	25	25	х
Отпускная цена, руб./кг				х
Внесено в натуральном выражении, кг/га				
вариант 1				240
вариант 2				520
вариант 3				445
Затраты на удобрение, руб./га				
вариант 1				130
вариант 2				140
вариант 3				145

Технологические (операционные) затраты по удобрениям (погрузка, разгрузка, хранение) составляют (например) 10,0 руб./т всех видов удобрений, тогда:

вариант 1 – 240 кг/га + 0,24 т/га x 10 руб./т = 2,4 руб./га;

вариант 2 – 320 кг/га = 0,32 т/га x 10 руб./т = 3,2 руб./га;

вариант 3 – 445 кг/га = 0,45 т/га x 10 руб./т = 4,5 руб./га.

Общая стоимость внесенных удобрений (руб./га) определяется сложением стоимости удобрений (табл.3) с операционными затратами (технологическими):

вариант 1 – 130 + 2,4 = 132,4 руб./га;

вариант 2 – 140 + 3,2 = 143,2 руб./га;

вариант 3 – 145 + 4,5 = 149,5 руб./га.

Транспортные расходы на доставку удобрений («Агрохимия» – хозяйство поле).

В нашем примере 15 км + 7 км = 22 км.

Себестоимость одной тонны-километра в хозяйстве – 0,9 руб., тогда:

вариант 1 – 0,24 т/га x 22 км x 0,9 руб./т-км = 4,25 руб./га;

вариант 2 – 0,32 т/га x 22 км x 0,9 руб./т-км = 6,33 руб./га;

вариант 3 – 0,45 x 22 км x 0,9 т-км = 8,91 руб./га.

Третий фрагмент технологической карты составляется на уборку и транспортировку урожая, на доработку продукции.

Расчет делается по контролю, где, как правило, наименьшая урожайность по сравнению с опытными вариантами. Транспортные операции в карту не включаются, а рассчитываются отдельно.

Затраты на уборку урожая в контроле (фрагмент технологической карты)

Наименование операций	Затраты труда, чел.-ч			Всего затрат, руб.
	механи- зирова- ные	прочие	всего	
Кошение, га			x	
Разравнивание и трамбовка зеленой массы, т			x	
Укрытие траншеи			x	
ИТОГО	14,5		5010	24400
на 1 га			50,1	244,0

Затраты на уборку в расчете на 1 т зеленой массы (урожай в контроле 7,5 т/га):

затраты труда – $50,1 \text{ чел.-ч/га} : 7,5 \text{ т/га} = 0,07 \text{ чел.ч/т}$;

прямые затраты – $244 \text{ руб./га} : 7,5 \text{ т/га} = 0,32 \text{ руб./т}$

Это ключевые показатели, дающие возможность пересчета затрат труда и средств на любую урожайность по вариантам опыта, для чего необходимо затраты на 1 т в контроле умножить на урожайность по вариантам (табл.30).

Затраты на транспортировку зеленой массы к траншее

Если масса перевозится на автотранспорте, то себестоимость 1 т.км принята 0,9 руб./т.км (для тракторных перевозок 4,5 руб./т-км), расстояние от поля до траншеи в данном примере принято 7 км.

Затраты на транспортировку урожая по вариантам в расчете на 1 га составляют:

Контроль – $7,5 \text{ т/га} \times 7 \text{ км} \times 0,9 \text{ руб./т-км} = 47,3 \text{ руб./га}$;

Вариант 1 – $10,0 \text{ т/га} \times 7 \text{ км} \times 0,9 \text{ руб./т-км} = 63,0 \text{ руб./га}$;

Вариант 2 – $11,0 \text{ т/га} \times 7 \text{ км} \times 0,9 \text{ руб./т-км} = 69,3 \text{ руб./га}$;

Вариант 3 – $12,0 \text{ т/га} \times 7 \text{ км} \times 0,9 \text{ руб./т-км} = 75,6 \text{ руб./га}$;

Все исходные данные рассчитаны на 1 га, переносятся в табл.35.

Оценка экономической эффективности по совокупности показателей приведена в табл.38.

Экономическая эффективность выращивания кукурузы на силос при предпосевном внесении минеральных удобрений

Показатели	Варианты опыта			
	кон- троль	1	2	3
Урожайность основной продукции, т/га				
Оценка продукции, руб./га				
Прямые затраты, руб./га				
Расчетная себестоимость, руб./т				
Условный чистый доход, руб./га				
Уровень рентабельности, %				
НСР ₀₅				

Урожайность основной продукции (т/га) определяется по результатам опыта. При необходимости урожайность (особенно по кормовым культурам) может быть выражена в т к.ед./га и в количестве переваримого протеина, кг/га.

Оценка продукции производится умножением урожайности на действующие цены с учетом качества продукции и сроков ее реализации.

Урожай кормовых культур переводятся в кормоединицы и оцениваются по закупочной цене овса или ячменя.

Прямые затраты денежно-материальных средств, в руб./га, по вариантам переносятся из итоговой графы табл.5.

Затраты труда, в чел.-ч/т. Из итоговой (12) графы табл.5 берутся затраты труда по вариантам и делятся на соответствующие показатели урожайности.

Например, в контроле:

затраты труда _____ чел.-ч/га : $7,5 \text{ т/га} =$ _____ чел.-ч/т.

Расчетная себестоимость, в руб./т. К сумме прямых затрат по каждому варианту прибавляются расходы по управлению производством. Методика их расчета достаточно сложна,

поэтому в целях упрощения можно прибавить 15-20% к сумме прямых затрат и разделить на урожайность основной продукции.

$$\text{Себестоимость} = \frac{\sum n_3 \times 1,15 \text{ (или } 1,20)}{y} = \text{руб./га}$$

$\sum n_3$ – сумма прямых затрат по вариантам, руб. /га (табл.5, гр.12);

y – урожайность основной продукции по вариантам, т/га.

Условный чистый доход, в руб./га определяется как разница между оценкой урожая и прямыми затратами (табл. 6, строка 2-строка 3).

Уровень рентабельности, в %. Необходимо разделить условный чистый доход на сумму прямых затрат и умножить на 100.

Данные достоверности урожайных данных по вариантам опыта (НСР) приводятся в нижней части табл.32.

В заключении дается оценка вариантам опыта по совокупности перечисленных выше показателей. Обычно оценивается 1-2 лучших варианта, остальные занимают промежуточное положение между контролем и лучшим вариантом.

3.5. Особенности полевых опытов в условиях орошения.

Научно-исследовательскими учреждениями, Госсортосетью и передовой практикой рекомендованы методы проведения опытов с орошением полевых культур.

Подбор земельной площади. Прежде всего земельная площадь для закладки опытов должна быть мелиоративно устроенной, иметь оросительную систему с гидротехническими сооружениями и водомерными устройствами. Земельную площадь подбирают так, чтобы она была типичной для определенной почвенно-климатической зоны. Лучшие почвы – глубокие суглинистые со слабопроницаемой для воды подпочвой, где невелики потери поливной воды.

Рельеф участка должен обеспечить равномерное распределение воды между повторениями и опытными делянками. На опытном участке не должно быть рвов, вымоин, валов и т. п. Крутизна склона должна составлять около 7° , на площадях с меньшим склоном может происходить затопление растений.

Вдоль делянок склон может быть в пределах $0,3—0,5^\circ$, а поперек — не более $0,3—0,4^\circ$. Для опытов с рисом площадь планируют так, чтобы склон был близким к 0° , что обеспечивает равномерное затопление чеков.

Водные источники (река, водохранилище, скважина, магистральный канал и др.) по своему дебиту должны обеспечить возможность регулярного орошения на протяжении вегетационного периода. Если из скважин идет очень холодная вода, ее напускают в специальные водоемы, где она нагревается. Земельную площадь подбирают в таком месте, чтобы предотвратить затопление опыта.

Работы, выполняемые перед закладкой опыта. На выбранном под опыт участке проводят горизонтально-вертикальную съемку, гидротехнические и почвенно-мелиоративные работы. Съемку осуществляют в масштабе 1:2000 с разбивкой сети квадратов 20×20 м. Непригодные участки земельной площади выбраковывают, поэтому для опыта подбирают площадь на 25 % большую, чем необходимо. При съемке площади определяют: ирригационную сеть, валики чековой сетки, дороги, границы посевов опытных растений, место водозабора и сброса оросительных вод, трассы каналов (существующих и будущих), обвалование от затопления, поперечные профили каналов, земляные валы, отметки дна канала,

дамб, поверхности почвы и горизонтов воды. Для определения норм и сроков полива изучают водно-физические свойства почвы, состав грунтовых вод.

Размещение опытных делянок. Делянки лучше размещать в один ярус, «подвешивая» их к постоянному каналу так, чтобы можно было проводить орошение в вариантах независимо один от другого. Если опыт размещают в два яруса, то опытные делянки «подвешивают» к двум независимо работающим постоянным каналам. Ширина делянок должна быть кратной ширине поливной карты или рабочему захвату дождевальной машины. Между ярусами опыта выделяют полосу шириной 6—8 м вдоль временных оросителей для разворота агрегатов. Повторения организуют так, чтобы свести к минимуму влияние фильтрационных вод из постоянных и временных каналов и чтобы опытные делянки в повторениях размещались длинной стороной перпендикулярно каналам. Сухие откосы каналов засевают многолетними травами. План организации опыта переносят на местность с помощью инженера-мелиоратора.

Размеры опытных делянок и поливных борозд. Размеры опытных делянок зависят от вида и темы, опыта, а также опытных растений. Их площадь может колебаться в пределах 50—500 м². Наилучшие соотношения ширины к длине делянки 1:10 и 1:15. Продольные защитные полосы должны быть более широкими, чем в опытах без орошения. Если опыт размещают в несколько ярусов, то ширину поперечных защитных полос (конечных) увеличивают до 4—6 м, чтобы исключить влияние воды на делянки соседнего яруса. Делянки размещают на расстоянии 6—8 м от постоянных оросителей. Неорошаемые делянки ограничивают боковыми защитными полосами шириной не менее 3 м, а при орошении дождеванием — 4—5 м.

Длина поливных борозд не должна превышать 150 м. Если же почва имеет повышенную водопроницаемость, длину поливных борозд уменьшают до 100 м. Расстояние между поливными бороздами на легких почвах должно быть не более 0,6—0,7 м, а на тяжелых — до 1 м. По глубине и ширине различают следующие поливные борозды:

При средней водопроницаемости почвы пользуются средне-глубокими, а при слабой — глубокими бороздами.

Поливные нормы. При поливах принимают во внимание фазы развития растений и их биологические особенности. Поливную норму определяют также в зависимости от глубины проникновения основной массы корней опытных растений: у картофеля — 0,4—0,6 м, у зерновых и технических культур — 0,8—1,0 м. Поливная норма зависит и от влажности почвы перед поливом, влагоемкости почвы, глубины залегания вредных растворимых солей и их содержания в слое почвы, где находится основная масса корней, от глубины грунтовых вод и способа полива.

Расчетную норму корректируют с учетом фильтрации и испарения (± 10 — 15 %). При орошении дождеванием ориентировочная норма составляет 300—400 м³/га, при поливе по бороздам и полосам — 400, а при затоплении — 500—600 м³/га.

Оросительная норма — количество воды, которую расходуют на 1 га посева за вегетационный период. Сроки полива зависят от потребности растений во влаге, их физиологического состояния и метеорологических факторов. Используют влагозарядковые, промывные, предпосевные, вегетационные, освежающие и другие поливы. Влагозарядковый полив нормой 800—1000 м³/га проводят перед вспашкой, после уборки предшественника для создания в почве запасов влаги. На почвах с близким залеганием грунтовых вод влагозарядковые поливы не проводят. На засоленных посевах в осенне-зимний период используют промывные поливы. Вегетационные поливы проводят во время вегетации растений.

Полив по бороздам осуществляют на хорошо дренированных почвах и в основном на посевах пропашных культур. Полив напуском по полосам используют для культур сплошного посева. Эти полосы нарезают в направлении склона одновременно с посевом. Ширина полос должна быть равной ширине опытной делянки. Полив затоплением используют при выращивании риса, при лиманном орошении и для промывания засоленных почв. Одна из основных особенностей опытов с орошением — точное распределение и учет поливной воды на каждой опытной делянке, в каждом варианте, повторении. Это делается с помощью переносных трубопроводов с регулируемым водовыпуском или сифонов и трубок. При поливе по полосам поливную струю устанавливают в пределах 2—6 л/с на 1 м ширины оросительной полосы.

Для определения суммарного водопотребления в каждом варианте опыта пользуются балансовым методом. Для этого учитывают осенне-зимние и весенние запасы влаги в слое, где залегает основная масса корней, атмосферные осадки за вегетацию, количество поливной воды и запас воды в корнеобитаемом слое почвы на период сбора урожая. Разница между суммой воды, которая поступает на опытную делянку, и ее запасом в почве на период сбора урожая составляет суммарное водопотребление.

3.6. Опыты по защите почв от водной эрозии.

Объектами исследования в опытах с изучением противоэрозионных приемов могут быть обработка почвы, структура посевных площадей в севообороте, полосное размещение посевов, лесополосы, гидросооружения и т. д.

В однофакторных опытах можно изучать противоэрозионную роль отдельных культур. При этом желательно культуры сплошного сева сравнивать с пропашными, а однолетние культуры сплошного сева — с многолетними. Общая схема такого опыта может быть следующей:

- 1) яровые колосовые (пшеница, ячмень, овес);
- 2) озимые колосовые (пшеница, рожь, ячмень);
- 3) зерновые бобовые (горох, люпин);
- 4) корне- и клубнеплоды пропашные (свекла, картофель);
- 5) другие пропашные (кукуруза, подсолнечник);
- 6) многолетние травы.

Из такой схемы для исследований могут быть взяты отдельные варианты. При этом самостоятельными могут быть опыты, в которых сравнивают: только культуры сплошного сева; только пропашные; яровые колосовые с озимыми; яровые колосовые с зерновыми бобовыми сплошного сева; отдельные культуры сплошного сева с отдельными пропашными; однолетние культуры с многолетними.

Отдельно можно изучать противоэрозионную роль многолетних трав в зависимости от видового состава, например:

- 1) разные виды бобовых трав (эспарцет, люцерна, клевер и др.);
- 2) разные виды злаковых трав (овсяница луговая, костер безостый, тимофеевка и др.);
- 3) разные смеси (из двух-трех компонентов и более) бобовых и злаковых трав. При изучении противоэрозионной роли многолетних трав в зависимости от срока их использования можно поставить двухфакторный опыт, в схеме которого фактором А будут разные виды многолетних трав (бобовые, злаковые или их смеси), а фактором В — сроки их использования (в зависимости от видов от 1—2 до 3—4 лет и более).

При изучении влияния удельного веса пропашных культур в севообороте на ход эрозионных процессов можно принять такую общую схему:

- 1) типичное для зоны исследований насыщение пропашными без многолетних трав;
- 2) то же, что в варианте 1, только с многолетними травами;
- 3) недостаточное насыщение пропашными без многолетних трав;
- 4) то же, что в варианте 3, только с многолетними травами;
- 5) чрезмерное насыщение пропашными без многолетних трав;
- 6) то же, что в варианте 5, только с многолетними травами.

При этом при планировании уменьшения или увеличения удельного веса пропашных культур в севообороте избирают такой шаг эксперимента, который позволил бы получить по нескольку вариантов с заниженным или завышенным удельным весом пропашных.

В степных районах рекомендуется изучать влияние на противоэрозионную устойчивость почвы различных видов чистого пара. Такие исследования можно проводить во временных полевых опытах, тогда как влияние различного удельного веса чистых паров в структуре пашни на развитие эрозионных процессов можно исследовать только в стационарных опытах с севооборотами.

Для изучения почвозащитной роли полосного размещения посевов различных сельскохозяйственных культур (а для степных районов и пара) можно воспользоваться такой примерной схемой опыта:

- 1) чистый пар;
- 2) чередование на поле полос чистого пара и озимых зерновых культур;
- 3) одновидовой посев различных пропашных культур;
- 4) чередование на поле полос пропашной культуры и культуры сплошного сева. Отдельно можно изучать ширину чередуемых полос на поле.

Для этого на равнинных землях в степных районах, закладывают однофакторные опыты. Ширина полос в разных вариантах должна быть кратной ширине захвата сеялок, используемых для посева возделываемых культур. Если в опыте сочетаются полосы пропашных и культур сплошного сева, то ширина полос должна быть кратной ширине сеялок, высевающих пропашную культуру.

На односкатных и равномерных по крутизне, но очень длинных склонах эффективность использования полос разной ширины необходимо изучать на разных уровнях склона: в верхней, средней и нижней частях. Опыт при этом будет двухфакторным: фактор В — разная ширина полос, фактор А — верхняя, средняя и нижняя части склона.

Планирование экспериментальных работ зависит от вида противоэрозионных приемов, изучаемых в опыте. Если объектом исследований служит противо-эрозионная обработка почвы, кроме засоренности посевов на фоне различных вариантов механической обработки обязательно предусматривают изучение физического состояния верхнего слоя почвы с определением таких показателей, как агрегатный состав, водоустойчивость почвенных агрегатов, водопроницаемость почвы, наличие на ее поверхности растительных остатков, интенсивность смывания или перемещения почвы ветром.

Те же исследования планируют и в опытах, где в качестве проти-воэрозионного средства изучают различные варианты структуры посевных площадей в севообороте или полосное размещение посевов. В опытах, где структура посевных площадей изменяется в результате разного соотношения пропашных и культур сплошного сева, однолетних и многолетних культур, дополнительно в программу экспериментальной работы включают опре-

деление биологического режима в почвенной среде с учетом общего количества микроорганизмов, их видового состава и интенсивности жизнедеятельности.

Рост растений и формирование урожая в опытах с использованием противоэрозионных приемов оценивают по результатам биометрических учетов, характерных для выращиваемой культуры, независимо от направления исследований.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Требования к земельному участку.
2. Форма, размеры и ориентация участков.
3. Организация и проведение полевых работ.
4. Учет урожая.
5. Особенности полевых опытов в условиях орошения.
6. Опыты по защите почв от водной эрозии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства: Учебное пособие / И.Б. Рыжков. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1264-8.
2. Кирюшин Б. Д. Основы научных исследований в агрономии: Учебное пособие / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. - М.: КолосС, 2009. - 398 с. ISBN 978-5-9532-0497-2.

Дополнительная

1. Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин, Ю.В. Лобачёв, Л.П. Шевцова, З.Д. Ляшенко. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2013, 263 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985, 351 с.
3. Худенко М.Н., Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в агрономии / М.Н. Худенко, А.Ф. Дружкин. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2003, 140 с.

4. ДОКУМЕНТАЦИЯ И ОТЧЕТНОСТЬ ПО НАУЧНОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ.

4.1. Виды документов.

Объективность и обоснованность анализа результатов исследований в значительной степени зависят от правильного ведения научной документации и надежного ее хранения.

Виды документов. Вся документация делится на первичную и основную (сводную). К первичной документации относят дневник исследований (полевую книжку) и журнал опыта. Дополнительными первичными документами могут служить рабочие тетради (в которых ведут все необходимые пересчеты массовых наблюдений), лабораторные журналы, ведомости учета, ленты с записями самопишущих приборов и т. п. К основной документации относят научные отчеты, опубликованные статьи, диссертационные и дипломные работы и т. п. В соответствии со спецификой различных областей науки названия и содер-

жание документов могут быть изменены при сохранении деления на первичные и основные (сводные).

Дневник исследований представляет собой книжку-тетрадь (желательно в жесткой обложке), удобную для ношения в кармане или полевой сумке. Размер дневника должен быть таким, чтобы в нем помещались записи результатов всего опыта (краткосрочные опыты) или полного вегетационного периода. При многолетних и длительных опытах заполняют последовательно несколько дневников, которые обязательно нумеруют, указывая год исследований, даты начала и окончания записей.

В дневнике исследований в хронологической последовательности по соответствующим формам ведут все первичные записи результатов инструментальных и визуальных наблюдений, учетов и анализов, проведенных непосредственно в поле, лаборатории, вегетационном домике, теплице. В аналогичной последовательности в дневнике записывают все работы по закладке и проведению опыта (заполнение сосудов, проведение агротехнических работ на опыте, выключки и т. п.) с указанием объема и качества работ, применяемых инструментов и техники. В дневнике наблюдений обязательно фиксируют экстремальные атмосферные явления (град, ливень, ураган, суховеи, сильные заморозки и т. п.), случаи вспышек засоренности посевов, степень поражения растений болезнями и повреждения вредителями и т. д. В случае необходимости в дневнике делают зарисовки или приводят фотографии изучаемых объектов.

При исправлениях обязательно указывают, кто, когда и по какой причине их внес.

Журнал опыта заполняют на основе дневника исследований и других документов. В журнал опыта заносят исходную информацию об опыте и его методике (рабочая гипотеза, тема и раздел исследований, год закладки и проведения опыта, где и когда утверждены методика постановки опыта и программа исследований, схема и план опыта). На плане полевых и вегетационно- полевых опытов указывают размеры всего опыта, повторений, посевных и учетных делянок, защитных полос между делянками и повторениями, окаймляющих защитных полос, ориентацию опыта по сторонам света, точки (репера) и способ закрепления опыта на местности, направление склона, расположение вариантов на делянках опыта.

Если опыт лабораторный, вегетационный или лизиметрический, указывают состав питательной смеси, субстрат, его массу в сосуде и т. п. При проведении полевых опытов записывают историю и дают характеристику почв участка (тип, подтип почвы, мощность пахотного горизонта и других слоев почвенного профиля, гранулометрический состав, агрохимические свойства почвы, предшественник, систему удобрений, применявшуюся на участке перед закладкой опыта, и т. п.).

Журнал опыта обязательно должен содержать: перечень всех работ по закладке и проведению опыта (от уборки предшествующей культуры до уборки урожая в опыте) с указанием сроков, способов и качества их выполнения, а также применяемой техники; результаты всех анализов, наблюдений и учетов в виде таблиц, графиков, рисунков, уравнений; результаты учета урожая: а) по делянкам; б) в пересчете на гектар; в) в переводе на стандартную влажность и чистоту; результаты статистической обработки опытных данных; предварительные выводы и предложения.

Для каждого опыта заводят отдельный журнал. При многолетних и длительных исследованиях по каждому опыту ведут несколько журналов, при этом журналы нумеруют, указывают даты начала и окончания записей, а также вопросы, отраженные в журнале. Журналы хранят в лаборатории (на кафедре) в специальном шкафу или сейфе. Исправления и

подчистки в журнале опыта не допускаются. В случае обнаружения ошибок соответствующие исправления вносят путем зачеркивания неверных данных и вписывания новых. Обязательно указывают, кем, когда и по какой причине внесены исправления. Каждое исправление подкрепляют подписями ответственного исполнителя и руководителя подразделения, в котором проводят исследования. В таком же порядке вносят и дополнения в уже сделанные записи.

4.2. Структура и содержание отчетов.

Отчет о научно-исследовательской работе (НИР) представляет собой научно-технический Документ, содержащий полные сведения о выполненной работе. Общими требованиями к отчету являются: четкость и логическая последовательность изложения материала; убедительность аргументации; краткость и точность формулировок (должна быть исключена возможность неоднозначного толкования); обоснованность рекомендаций и предложений.

Структура и содержание отчета. Отчет о НИР должен содержать: титульный лист; список исполнителей; реферат; содержание (оглавление); перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов; введение; основную (экспериментальную) часть; заключение; список использованных источников; приложения.

На титульном листе указывают министерство, объединение, институт, индекс УДК, номер государственной регистрации, гриф согласования и утверждения отчета (с названием организации), а также должность, ученую степень и ученое звание лица, утвердившего отчет (заверенные печатью), вид отчета (промежуточный или заключительный), место и год его составления

Введение должно содержать: оценку состояния науки по решаемой проблеме ; основания и исходные данные для разработки темы ; обоснование необходимости проведения работы; актуальность и новизну темы; связь работы с другими исследованиями.

В основной части отчета приводят описание объекта, метода и условий проведения исследования; теоретические и (или) экспериментальные данные; обобщение и оценку результатов исследований. Полученные экспериментальные результаты должны быть проанализированы и сопоставлены с результатами аналогичных отечественных и зарубежных исследований. Необходимо также оценить полноту решения поставленных вопросов и достоверность полученных результатов. Данных исследований должно быть достаточно для их статистической оценки и установления существенности различий по вариантам эксперимента.

Текст основной части отчета делят на разделы, подразделы и пункты. Заголовки разделов печатают по центру строки прописными, а заголовки подразделов - строчными буквами. От основного текста заголовки должны быть отделены 3 "4 интервалами. Точки в конце заголовков не ставят.

Каждый раздел начинают с новой страницы. Страницы нумеруют арабскими цифрами. Титульный лист включают в общую нумерацию. Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всего отчета. Подразделы нумеруют арабскими цифрами в пределах каждого раздела (например, «3.4» - четвертый подраздел третьего раздела) . Также нумеруют и пункты внутри подразделов (например, «2.1.3» - третий пункт первого подраздела второго раздела). Если отчет состоит из двух или более частей, то номер каждой части просят указывать на титульном листе римскими цифрами под указанием вида отчета.

Иллюстрации (таблицы, чертежи, схемы, графики), расположенные на отдельных страницах отчета, включают в общую нумерацию страниц. Если формат иллюстраций больше, чем А4, то их учитывают как одну страницу и помещают в конце отчета (после заключения) в порядке упоминания в тексте. При нумерации иллюстраций указывают номер раздела и порядковый номер иллюстрации (например, «Рис. 2.3» - третий рисунок второго раздела).

Таблицы нумеруют в пределах раздела арабскими цифрами в правом верхнем углу над заголовком (например, «Таблица 2.1» - первая таблица второго раздела). Если в отчете одна таблица, ее не нумеруют и слово «таблица» не пишут. В случае переноса части таблицы на другую страницу, пишут слово «продолжение» и указывают номер таблицы (например, «Продолжение таблицы 2.3»).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер ставят с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках (например, (4.2) - вторая формула четвертого раздела). Над иллюстрацией помещают ее название, а под ней - поясняющие сведения.

Цифровой материал оформляют в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок, начинающийся с прописной буквы. Заголовки граф таблиц пишут с прописной буквы, подзаголовки со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописной, если они самостоятельные. Таблицу в тексте размещают после первого упоминания о ней.

Таблица должна иметь заголовок, который сжато и точно определяет ее содержимое. Заголовков таблицы может отсутствовать только тогда, когда ее содержание точно определено в тексте, непосредственно предшествующем таблице. Анализ результатов, представленных в таблице, излагают в виде текста после таблицы.

При составлении таблицы придерживаются правила, чтобы все ячейки ее были заполнены цифрами или условными обозначениями. Если отдельные данные отсутствуют, то в соответствующих ячейках ставят тире (-), а не ноль (0), который означает, что числовые данные изучаемого показателя равны нулю. Данные, полученные путем «восстановления», а также сомнительные данные (забракованные и затем теоретически рассчитанные) заключают в скобки. Сокращениями или символами пользуются только в тех случаях, когда они общепризнаны, заглажены и смысл их совершенно ясен. Числа в таблицах располагают так, чтобы запятые, отделяющие десятичные знаки, находились в каждой ячейке по одной вертикали. Если повторяющийся в графе таблицы текст состоит из одного слова, его можно заменить кавычками, если из двух или более слов - словами «То же» при первом повторении и далее кавычками. Не допускается постановка кавычек вместо повторяющихся математических или химических символов, цифр, марок, знаков.

Статистические критерии оценки существенности помещают в специальной строке таблицы Или в крайней правой графе, а иногда дают в примечании к таблице.

Пояснять значения символов и числовых коэффициентов следует непосредственно под формулой, в которой они приведены, в той же последовательности, что и в формуле.

Часть данных удобнее представлять графически, так как графики позволяют более наглядно выразить результаты экспериментальной работы. В зависимости от назначения графики делят на две группы: иллюстративные и количественные. Цель иллюстративных графиков - дать качественную картину процесса или состояния, а количественные графики должны служить количественным инструментом в различных исследованиях. Заголовок помещают за пределами графического изображения над его верхним краем, а в печатной

публикации - под нижним краем графика. Для подробного объяснения содержания графика дают примечания, которые помещают за его пределами, а также расшифровку (легенду) условных обозначений.

Графики, дающие основания для ответственных выводов и рекомендаций, так же, как и таблицы, должны сопровождаться текстовой или графической характеристикой существенности различий.

Ссылки на источники в тексте дают в примечании или указывают порядковый номер списка источников, вычисляя его двумя косыми чертами.

Фамилии, названия учреждений, организаций, фирм, наименования изделий и т. п. в тексте отчета приводят на языке оригинала. Допускается транслитерировать собственные имена на язык отчета с добавлением при первом упоминании оригинального названия.

Если в отчете используется особая терминология, употребляются малораспространенные сокращения, новые символы, обозначения и т. п., то к отчету должен быть приложен их список. Слева столбцом в алфавитном порядке помещают соответствующие слова, справа дают их подробную расшифровку. Если специальные термины, символы или сокращения встречаются в отчете менее трех раз, их список не составляют, а расшифровку дают в тексте при первом упоминании.

При использовании данных других исследований указывают источники, из которых они взяты.

Заключение должно содержать краткие выводы, рекомендации и предложения производству, оценку технико-экономической эффективности внедрения или народнохозяйственной (научной) значимости работы.

В списке источников приводят работы, из которых были взяты исходные данные, указывают способы получения этих данных.

Приложения должны содержать также вспомогательный материал, необходимый для полноты отчета (таблицы цифровых данных, иллюстрации, промежуточные математические доказательства, формулы и расчеты, протоколы и акты испытаний, инструкции и методики, описания алгоритмов и программ задач, решаемых с помощью ЭВМ, акты о внедрении результатов исследований).

Приложения оформляют как продолжение отчета или в виде отдельной части, располагая их в порядке ссылок в тексте и нумеруя арабскими цифрами (без знака №). Каждое приложение начинают с нового листа. При оформлении приложений отдельной книгой на титульном листе под названием отчета печатают прописными буквами слово «приложения».

Используя при подготовке и оформлении отчета или иной основной документации электронные средства и носители информации, следует иметь в виду, что наличие отчета на бумажном носителе строго обязательно с целью устранения возможности порчи или утери документации. Хранить печатный отчет и отчет, размещенный на электронных носителях информации, необходимо отдельно.

4.3. Анализ качественной и количественной изменчивости.

Признаки подразделяются на количественные и качественные. Количественные признаки изменяются, подсчитываются и выражаются цифрами, например живая масса, настриг шерсти, яйценоскость и т.д. Качественные признаки описываются словами, например масть черная, красная, рыжая, чалая и т.д. Если имеются два взаимоисключающих варианта, то такие качественные признаки называют альтернативными, например пол мужской и

женский, скот комолый или рогаты. Соответственно делению признаков на количественные и качественные различают количественную и качественную изменчивость. Количественная изменчивость бывает двух типов: непрерывная и прерывная. При непрерывной изменчивости между вариантами нет резких границ и переходов, все определяется точностью измерения. Если различия между вариантами определяется числами, то это будет прерывная (дискретная) изменчивость.

Корреляционный анализ — метод обработки статистических данных, заключающийся в изучении коэффициентов (корреляции) между переменными. При этом сравниваются коэффициенты корреляции между одной парой или множеством пар признаков, для установления между ними статистических взаимосвязей.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Виды документов.
2. Структура и содержание отчетов.
3. Анализ качественной и количественной изменчивости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства: Учебное пособие / И.Б. Рыжков. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1264-8.
2. Кирюшин Б. Д. Основы научных исследований в агрономии: Учебное пособие / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. - М.: КолосС, 2009. - 398 с. ISBN 978-5-9532-0497-2.

Дополнительная

1. Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин, Ю.В. Лобачёв, Л.П. Шевцова, З.Д. Ляшенко. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2013, 263 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985, 351 с.
3. Худенко М.Н., Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в агрономии / М.Н. Худенко, А.Ф. Дружкин. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2003, 140 с.

5. ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.

5.1. Математическая статистика. Краткая история.

Еще в Древней Греции высоко чтит математику, считая, что в природе все упорядочивается в соответствии с числами. В работах Аристотеля впервые появляются рассуждения о корреляциях. Более конкретно об использовании математики в исследованиях высказался в XV в. Леонардо да Винчи, который считал, что без применения математики недостоверна ни одна наука. В XVII в. Я. Бернулли показал, что при большом числе измерений средняя арифметическая становится постоянной. Кривая вероятности впервые была приведена в литературе Лапласом в 1783 г., а в 1795 г. К. Гаусс исследовал кривую распределения и

ввел способ наименьших квадратов. Дальнейшая история математической статистики связана с трудами Ф. Гальтона, который в 1889 г. разработал методику корреляционного и регрессионного анализов. Его работы продолжил К. Пирсон, развивший учение о кривых распределения в биологии, предложивший метод χ^2 . Теорию «малой выборки» обосновал в 1908 г. В. Госсет (псевдоним Стьюдент).

Особый вклад в математическую статистику внес английский математик Р. Фишер. В 1935 г. он опубликовал методику математического планирования экспериментов, а в 1938 г. — теорию статистической проверки гипотез — дисперсионный анализ. Продолжателями работ Р. Фишера стали Ф. Йейтс, много сделавший для разработки схем дисперсионного анализа, а также Дж. У. Снедекор, Т. Литтл, Ф. Хиллз и др.

В России методы статистической обработки в агрономических исследованиях впервые использовал в 1867—1869 гг. Д. И. Менделеев. Полную сводку методов математической статистики в 1909—1911 гг. составил А. В. Леонтович. С 1929 г. эти методы пропагандировал Н. Ф. Деревницкий, он же был первым, кто изложил идеи и методы Р. Фишера. С 1931 г. распространение методов математической статистики в агрономии связано с именем В. Н. Перегудова. Работа А. А. Любищева «Руководство по применению в биологии дисперсионного анализа Р. Фишера» — это превосходный анализ использования методов математической статистики в шестидесятых годах. Затем появляются солидные работы Н. А. Плохинского (1970), П. Ф. Рокицкого (1967), В. Ю. Урбаха (1964), А. С. Молостова (1965) и др. Особым событием был выход книги Б. А. Доспехова «Методика полевого опыта» (1965), которая уже выдержала пять изданий и пользуется успехом как у студентов, так и у научных работников. Ценное пособие — работа Г. Ф. Лакина «Биометрия» (1980).

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

5.2. Основные понятия и задачи.

Результаты агрономических исследований анализируют методами математической статистики, т. е. систематизируют, обрабатывают и делают обоснованные выводы и предложения. При этом оперируют определенными понятиями, терминами и символами.

Объекты исследований в агрономии — это отдельные растения, их группы и среда произрастания. Всем им свойственно явление изменчивости, или варьирования. Степень варьирования, выраженную математически, называют вариацией. Если тысячи семян одной и той же культуры, одного сорта посеять и выращивать в одинаковых условиях, растения всегда будут различаться по росту, массе, внешнему виду, урожаю, его качеству и т. д. Число таких растений или других объектов исследований представляет собой генеральную совокупность.

Для того чтобы точно определить среднюю высоту растения или среднее число клубней на нем, следовало бы в короткий срок, за несколько часов, измерить тысячи растений и сосчитать десятки тысяч клубней, что практически невозможно. Нецелесообразно также выращивать все семена, предназначенные для посева, чтобы определить их всхожесть. В подобных случаях следует воспользоваться теорией вероятностей, которая обобщает закономерности массовых случайных явлений. Согласно этой теории вместо сплошного учета всей генеральной совокупности большого объема для изучения можно брать определенную ее часть и судить по ней о состоянии совокупности в целом. Таким образом, по вероятностям одних случайных событий находят вероятность других, связанных с первыми.

Пусть в ящике будет 100 клубней картофеля: 30 — сорта Гатчинский и 70 — сорта Невский. Какова вероятность того, что первый взятый наугад клубень будет принадлежать сорту Гатчинский или Невский? Вероятность взять клубень сорта Гатчинский составит $30:100 = 0,3$, Невский — $70:100 = 0,7$. Таким образом, вероятность наступления определенного события есть отношение чисел всех возможных случаев к общей выборке. События, вероятность которых составляет более 0,5, называют вероятными, а менее 0,5 — маловероятными. В данном примере взять клубень Невского вероятно, а Гатчинского — маловероятно.

Отношение числа случаев с данным событием n к числу всех возможных случаев N составляет уровень вероятности P . $P = n/N$.

Вероятность невозможного события равна нулю. Например, вероятность вынуть клубни сорта Волжанин, которых не было в ящике ($n = 0$), составит $P = 0/N=0$. Вероятность обязательного события равна единице. Так, если в ящике все 100 клубней принадлежат одному сорту ($n = 100$; $TV = 100$), то $P = n /N=1$. Вероятность, равная единице, называется достоверной.

Нормальное распределение. Если часть (выборка) генеральной совокупности составляет не менее 30 членов и стремится к бесконечности, то для такой части используют закономерности больших чисел, установленные для кривой нормального распределения (распределения Гаусса),

Для анализа результатов полевых опытов пользуются уровнем доверительной вероятности, равным 0,95, и записывают его символом $P 0,195$, а для более ответственных анализов — уровнем 0,99 ($P 0,99$). На уровне доверительной вероятности исследователь, утверждая или отрицая какое-либо явление, положение, рискует ошибиться в 5 случаях из 100. Иногда пользуются не уровнем доверительной вероятности, а уровнем значимости P_{i3} который рассчитывают по формуле $P_i = 1 - P$. Эмпирические распределения в отличие от теоретических не всегда симметричны. У них может быть не одна, а несколько вершин. Это свидетельствует о неоднородности выборки: в нее могут попасть, например, растения другого сорта или сильно отличающегося варианта.

Малые выборки. Наряду с большими выборками ($n > 30$) в агрономических исследованиях часто пользуются выборками с $n < 30$, например, в опыте может быть 4—8 повторностей или 10—12 вариантов. Выборки, состоящие менее чем из 30 членов, называют малыми выборками; на них нельзя переносить законы больших чисел. Для малых выборок применяют распределение вероятностей Стьюдента (В. Госсета), которое получило название закона малых выборок, и критерий Стьюдента, обозначаемый буквой t .

Пусть имеется шесть повторностей ($n = 6$), от каждой из которых зависит средняя арифметическая x . Для того чтобы получить число степеней свободы повторностей (νP), т. е. число не связанных один с другим элементов, уменьшают число повторностей на единицу. Тогда $\nu p = n - 1$.

Выбрав уровень вероятности и рассчитав критерий t , можно найти оптимальное число повторностей, прибавив к числу степеней свободы единицу.

Критерий — это показатель, позволяющий судить о надежности выводов, подтверждающих или опровергающих статистическую гипотезу. Чаще всего пользуются нулевой гипотезой.

Математическую статистику используют прежде всего для планирования опытов. В хорошо спланированном опыте должно быть достаточное число вариантов, повторностей, все варианты в начале опыта должны находиться в одинаковых условиях. Очень важен также

выбор метода статистической обработки результатов. Существенная задача математической статистики — отобрать в спланированном и заложенном опыте объекты для исследований, которые будут объективно отражать влияние изучаемых факторов. В данном случае речь идет об использовании метода рендомизации при отборе образцов для опыта.

Не менее важно определить число образцов для исследований, т. е. оптимизировать объем выборки.

В процессе предварительной обработки данных иногда приходится восстанавливать выпавшие данные (числа), а также браковать сомнительные. Для этого в малых выборках используют критерий тау (t), а в больших — интервальную оценку средних арифметических по формуле $x \pm A\%$. Примеры таких задач приведены далее.

В проведенном опыте определяют достоверность различий между средними арифметическими исследуемых выборок. Эти задачи решают с применением критериев достоверности t , F , а также наименьшей существенной разности (НСР). Во многих исследованиях возникает необходимость определить взаимосвязи и зависимости между различными показателями, для чего используют коэффициент корреляции (r) и корреляционное отношение (η).

Прогнозируют или отыскивают неизвестные показатели по уже известным с помощью регрессионного анализа, составляя уравнения регрессии для линейных и криволинейных зависимостей.

Почти во всех исследованиях возникает вопрос о точности опытов. Очень существенно, что математическую статистику можно применять лишь в методически правильно спланированных и проведенных опытах. Опыты, не отвечающие этим условиям, следует немедленно браковать.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Математическая статистика. Краткая история.
2. Основные понятия и задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства: Учебное пособие / И.Б. Рыжков. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1264-8.
2. Кирюшин Б. Д. Основы научных исследований в агрономии: Учебное пособие / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. - М.: КолосС, 2009. - 398 с. ISBN 978-5-9532-0497-2.

Дополнительная

1. Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин, Ю.В. Лобачёв, Л.П. Шевцова, З.Д. Ляшенко. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2013, 263 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985, 351 с.
3. Худенко М.Н., Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в агрономии / М.Н. Худенко, А.Ф. Дружкин. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2003, 140 с.

6. АНАЛИЗ РЯДОВ КАЧЕСТВЕННОЙ И КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ.

6.1. Характеристики изменчивости признаков.

На интенсивность и направление процессов, протекающих в почве и растениях, воздействует множество факторов, что обуславливает значительную вариацию изучаемых признаков. Все объекты изучаемой совокупности различаются по тем или иным признакам, т. е. обладают свойством изменчивости. Отдельное значение признака называют случайной переменной, датой или вариантой.

Не вариантом, Следует отличать количественную непрерывную и дискретную изменчивость от качественной дискретной изменчивости. Характер признака и вид изменчивости не всегда совпадают по названию. Например, такой качественный признак, как содержание белка в зерне или сахара в томатах, выражаемый в процентах, квалифицируется количественной изменчивостью. Количественную изменчивость исчисляют метрической, а качественную - номинальной и порядковой шкалами.

Примерами непрерывной количественной изменчивости могут служить: высота растений, длина побегов, корней, окружность (диаметр) штамба и диаметр кроны в см, м; масса растений или товарной (побочной) продукции в г, кг, ц, т; площадь листьев и поглощающей поверхности корней в см², м²; плотность в г/см³, т/м³ и водопроницаемость почвы в мм/ч; содержание питательных веществ в почве в г/кг (р.р.м.) и их запасы в кг/га и т.д.

Примерами дискретной метрической изменчивости служат: количество побегов, корней, почек, усов, цветков, кистей, продуктивных стеблей, плодов в шт. на растение, побег, ветку, кисть, колос или м²; засоренность посевов, численность вредителей и густота стеблестоя в шт/м².

Примерами дискретных переменных качественной номинальной изменчивости являются: тип пло-доношения яблонь (кольчатка, копыто и прутик) или окраска плодов (красная, желтая, розовая, бурая, зеленая); форма плодов томатов (круглая, плоскоокруглая, сливовидная, грушевидная); размер клубней картофеля (крупные, средние, мелкие). В эту группу входят также пол и другие признаки альтернативной или двояко возможной изменчивости, когда объекты различают по наличию (отсутствию) признака. Например, растения: больные и здоровые, плоды (клубни): товарные (семенные) и нетоварные (столовые или технические); колосья: остистые и безостые; огурцы: гладкие и бугорчатые; розы: с шипами и без шипов. В основе номинальной шкалы лежит распределение общей численности объектов на 2 или большее число групп и определение частоты встречаемости или доли признака.

Рейтинговая (порядковая) качественная изменчивость исчисляется числами ранга, рейтинга или балла на основе визуальной оценки, дегустации, учетов или подсчетов. Каждый балл может отражать определенное количество или соотношение растений, вредителей; площадь проективного покрытия, вкусовые достоинства продукта (дегустационная оценка), уровень цветения (завязывания плодов), зимостойкость или содержать другой разьяснительный комментарий.

Например, визуальная (глазомерная) шкала засоренности посевов в баллах: 1 - очень слабая, 2 - слабая, 3 - средняя, 4 - сильная, 5 - очень сильная засоренность. В этой шкале 1 отражает единичную засоренность (менее 10 %), 2 - до 25, 3 - 50, 4 - 100, 5 - более 100 %, т. е. сорняки преобладают (за 100 % принимают визуальную численность культурных растений). В баллах можно выразить и результаты количественной изменчивости, например содержание обменного калия в пахотном слое почвы: 1 - низкая обеспеченность (до 50 мг

K₂₀ на 1 кг почвы), 2 - средняя (до 150), 3 -высокая (свыше 150 мг K₂₀ на 1 кг почвы). При оценке рангами их сумма равняется численности выборки (выборок), поскольку рангом отдельного значения является его порядковый номер в ранжированном ряду.

6.2. Эмпирические распределения частот и способы их представления.

Частотой называют число одинаковых значений (исходов) варьирующего признака в совокупности или численности классов (групп) выборки. Оценка распределения частот путем ранжирования выборки в виде непрерывного вариационного ряда у 1 .Уп - мало-эффективна ввиду незначительной, единичной и даже нулевой частоты встречаемости отдельных значений. Большое прикладное значение имеет интервальный вариационный ряд.

Всю совокупность разбивают на классы и рассчитывают групповые средние. В итоге группировки получают графики частот, наглядное представление вариационного ряда. Эмпирическая кривая позволяет подобрать соответствующее теоретическое распределение для оценки результатов исследования. Различают гистограмму (столбчато-слитную диаграмму) и полигон (ломаная) или эмпирическую кривую (сглаженная линия).

В гистограмме ширина каждого столбика равна групповому интервалу, а высота - частоте класса. На оси абсцисс откладывают границы классов или групповые средние, а на оси ординат - частоты. Вершины столбиков (по центру) соединяют отрезками прямой линии и получают полигон, а при плавном переходе вершин («сглаживание» ломаной линии) - кривую эмпирического распределения.

Группировка большой выборки при количественной изменчивости включает четыре этапа, в ходе которых устанавливают: 1) число классов; 2) размах варьирования и межклассовый интервал; 3) границы классов; 4) частоты или численности классов и их средние.

Далее формируем классы. Устанавливаем нижние (НГ) и верхние (ВГ) границы. Для границ классов следует выбирать значения с большей точностью, чем в исходных данных: для целых до 0,5, для десятых - до 0,05. Исключение составляют ряды дискретных переменных, представляемых только целыми числами.

Группировку можно начинать с выбора середины класса (М), затем находят его левую и правую (или нижнюю и верхнюю) границы путем вычитания (прибавления) половины интервала: $M \pm i/2$.

Нижнюю границу первого класса берут с таким расчетом, чтобы минимальное значение оказалось вблизи его середины. При $Y_{\min} = 6,0$ возможны два значения: 3,5 и 4,5.

Возьмем 4,5 см за НГ 1, тогда при $i = 4$ см получим следующие 8 классов: 1 -4,5 ...8,5; 2 -8,5 ... 12,5; 3 - 12,5 ...16,5; 4 - 16,5...20,5; 5 - 20,5 ...24,5; 6 - 24,5 ...28,5; 7 - 28,5 ... 32,5 и 8 - 32,5 ...36,5.

Границы классов имеют значения, которых нет среди исходных данных, выраженных целыми числами. Для полного «разграничения» соседних классов следует поставить знак неравенства перед верхними границами, например: 4,5 ...<8,5; 8,5 ...<12,5 и т. д. Групповые средние будут равны: 6,5; 10,5; 14,5; 18,5; 22,5; 26,5; 30,5 и 34,5.

Затем разносим даты по классам и определяем частоты. Рекомендуется начинать с первой цифры ряда или колонки исходной матрицы и продолжать в определенном порядке по рядам или столбцам. (В ранжированном ряду разноска дат значительно упрощается.) Каждую дату зачеркивают после ее фиксирования в соответствующем классе. Для подсчета дат используют способ штрихов (вертикальная черта) или «конвертиков» (квадрат с двумя диагоналями). При численности класса от 5 и выше каждую пятерку дат выделяют: косая черта пересекает 4 вертикальных (способ штрихов). «Полный конвертик» (4 вершины 4 стороны + 2 диагонали) представляет 10 значений. Четыре точки

означают 4, а квадрат - 8 дат и т. д. Правильность разности дат контролируется равенством $\sigma^2 = \pi$.

При упрощенном варианте группировки берут минимальную дату за НГ 1 (в данном примере $Y_{\min} = 6$). НГ остальных классов получают последовательным прибавлением классового интервала. Третьим шагом устанавливают ВГ1 с таким расчетом, чтобы она была на единицу измерения меньше НГ2. ВГ остальных классов получают последовательным прибавлением классового интервала. ВГ последнего класса должна быть как минимум равной максимальному значению ряда ($Y_{\max} = 36$). Групповые средние определяют по формуле $M = (НГ + ВГ)/2$.

Кривые эмпирического распределения строят на основе расчетной таблицы. Масштаб графика должен отвечать правилу «золотого сечения»: отношение базы (ширины) графика к высоте должно составлять 7: 5 или 8: 5. На оси абсцисс откладывают групповые средние, а на оси ординат - частоты

6.3. Количественная изменчивость.

Различают изменчивость количественную и качественную. Количественно изменяться могут масса урожая, процент сахара, кислот, витаминов, крахмала или белка в урожае, размеры растений, содержание питательных элементов в почве, т. е. все, что имеет массу, размер, объем и т. п. В свою очередь, количественную изменчивость подразделяют на непрерывную и прерывистую. Первая выражается в основном дробными числами, вторая — только целыми. Все перечисленные ранее показатели представляют непрерывную изменчивость. Примером прерывистой изменчивости может быть число завязей, семян, листьев, побегов на растениях, число самих растений, т. е. все показатели, представляющие единое целое.

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

6.4. Качественная изменчивость.

При качественной изменчивости в выборке имеется одна из двух возможностей (альтернатив) — данный признак либо есть, либо отсутствует. Такую изменчивость называют еще альтернативной. В опытах с качественной изменчивостью вместо измерения какого-либо показателя подсчитывают число объектов с тем или иным признаком. Примеры качественной изменчивости: число поврежденных и здоровых растений, число подмерзших растений, число испортившихся и здоровых клубней картофеля в хранилище и т. п.

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

Доля наличия признака — это отношение числа объектов с данным признаком к общему числу объектов, т. е. к объему выборки, рассчитанное по формуле $p = n/N$.

Максимальная изменчивость наблюдается при $p = q = 0,5$. При этом показатель s изменчивости также равен 0,5: $W = \sqrt{0,5 - 0,5^2} = 0,5$.

Коэффициент вариации — отношение показателя изменчивости к его максимальному значению, выраженное в процентах,

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100\%$$

где V - искомый показатель, σ - среднее квадратичное отклонение, \bar{X} - средняя величина.

Ошибка выборочной доли — это мера отклонения от доли наличия признака, которую для альтернативной изменчивости вычисляют по формуле $\varepsilon_{\bar{x}} = \left| \mu - \bar{x} \right|$, а для доли (альтернативного признака) $\varepsilon_w = |p - w|$.

6.5. Ковариация и корреляция.

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

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

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

$$\text{cov}(X, Y) = M[(X - MX)(Y - MY)],$$

6.6. Нулевая и альтернативная гипотезы.

Нулевая гипотеза — предположение об отсутствии реального различия между фактическими и ожидаемыми (теоретическими) наблюдениями, например различия между средними значениями вариантов по урожаю, его качеству, росту растений и т. д. Для двух средних арифметических x_1 и x_2 нулевую гипотезу записывают так: $x_1 - x_2 = 0$. Для проверки статистических гипотез используют критерий достоверности. Синонимы термина «достоверность» — существенность, иногда значимость, несомненность, весомость. Большинство специалистов по математической статистике рекомендуют использовать понятие «критерий достоверности», некоторые — «критерий существенности».

Для проверки нулевых гипотез используют параметрические и непараметрические критерии. Параметрические критерии достоверности применимы лишь для нормального распределения, это критерий Стьюдента (t), критерий Фишера (F). Критерий достоверности Стьюдента (t) — прямо пропорционален разности средних арифметических ($X_1 - X_2$) или разности между долями ($p_1 - p_2$) и обратно пропорционален ошибке разности (%). Расчетное, фактическое значение критерия / сравнивают с теоретическими значениями на определенных уровнях значимости (см. табл. 1 приложений).

Критерий достоверности Фишера (F) прямо пропорционален дисперсии вариантов (S) и обратно пропорционален дисперсии остатка (л). Его фактическое значение сравнивают с теоретическим, которое находят в таблице.

Не все выборки из биологических объектов распределяются нормально, поэтому для проверки нулевых гипотез используют непараметрические критерии: χ^2 -критерий, T-критерий, критерий знаков (Z), которые здесь не рассматриваются.

НУЛЕВАЯ И АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ГИПОТЕЗЫ

Определенные предположения о закономерностях и параметрах распределения случайной переменной в совокупности называют статистическими гипотезами. Их цель - перевести профессиональную (агрономическую) постановку проблемы в статистическое русло. Различия средних по выборкам могут быть как истинными, так и случайными. Отсюда вытекает необходимость проверки их статистической достоверности, или существенности. Сравнению любых двух выборок предшествует предположение о том, что они взяты из одной или одинаковых совокупностей, а наблюдаемые различия составляют случайные отклонения, т. е. разность между средними должна быть близкой к нулю. Отсюда происходит название этого предположения - «нулевая гипотеза» (H_0). Проверка H_0 , или статистический тест, может подтвердить нулевую гипотезу или отвергнуть в пользу альтернативной гипотезы (H_1).

По своему предназначению нулевая гипотеза аналогична презумпции невиновности в юриспруденции. Только суд может признать обвиняемого виновным, а статистический тест опровергнуть гипотезу об отсутствии различий. Необходимость статистического теста так же очевидна, как и суда. Всякие предположения и умозаключения будут иметь силу после их проверки экспериментом и статистической оценки.

Для повышения эффективности научно-исследовательской работы, т. е. установления большего числа существенных различий, особенно в опытах с плодовыми деревьями, следует отдать предпочтение односторонним гипотезам. Критические значения одностороннего критерия меньше, чем двухстороннего при одинаковом уровне значимости. Степень риска составляет в этом случае половину ($\alpha/2$), т. е. левый или правый «хвост» под нормальной кривой.

6.7. Алгоритм статистического теста.

Под статистическим тестом понимают сравнение двух выборок (вариантов) на основе статистических показателей. Его алгоритм включает четыре последовательных этапа.

Трансформация агрономической проблемы в статистическое русло путем выдвижения нулевой и рабочих гипотез. Например, два сорта различаются по урожайности: $H_0: \mu_1 = \mu_2$; $H_1:$

$\mu_1 \neq \mu_2$.

Выбор метода проверки H_0 и расчет фактического критерия, например $t = \frac{y_1 - y_2}{S_d}$.

Сопоставление расчетного критерия с контрольным (табличным), например $t < t_{01}$ и $t > t_{02}$. Заключение. В своем заключении исследователь может совершить ошибку 1 и 11 рода, когда соответственно отвергает верную H_0 и принимает неверную H_0 : находит случайные различия существенными и, наоборот, существенные - случайными. Помимо этих двух ошибочных заключений существует и два правильных, т. е. при проверке нулевой гипотезы возможны четыре исхода.

А Выборки взяты из одной (одинаковых) совокупности. Различия между средними случайны:

1) принята правильная H_0 : $y_1 = y_2$, т. е. различия между средними не существенны, или близки к нулю;

2) отвергнута H_0 и принята неправильная H_A : $y_1 \neq y_2$, т. е. различия между выборочными средними существенны. Такое заключение классифицируется ошибкой I рода (α). Ее вероятность равна принятому уровню значимости (α): $\alpha = 100 - P$ (P - уровень доверия, или надежности). Например, на рисунке 39 P покрывает 95 % площади под кривой, а заштрихованные участки ($-\alpha/2$ и $+\alpha/2$), означающие степень риска или вероятность ошибки, составляют в сумме 5 %. Вероятность принятия правильной H_0 : $(1 - \alpha)$ означает статистическую достоверность теста (эксперимента). Выборки взяты из разных совокупностей и средние должны различаться: отвергнута H_0 и принята правильная H_A : $y_1 \neq y_2$, т. е. различия между выборками существенны; не установлено существенных различий и принята неправильная H_0 , т. е. совершена ошибка.

Вероятность принятия правильной H_A называют робастностью - разрешающей способностью, мощностью, или чувствительностью, теста (эксперимента).

В связи с тем что ошибку 2 рода трудно установить, ее практически не учитывают в научном исследовании. Поэтому вероятность ошибки I рода (α) называют просто вероятностью ошибки. Принятие H_0 не исключает наличия существенных различий в совокупности, а означает лишь отклонение H_A в данном исследовании.

В научной практике встречается «ошибка III рода», когда для неверно сформулированной проблемы делается правильное статистическое заключение (отвергается или принимается нулевая гипотеза). Эта ошибка обусловлена неправильной биологической моделью эксперимента и профессиональной некомпетентностью исследователя. Изначально проблема (тема) была неправильно или недостаточно полно сформулирована. Например, по теме «Влияние азотных удобрений на качество зерна озимой ржи» была сформулирована рабочая гипотеза (H_1): «при внесении азота снижается качество зерна». В первый год проведения исследований сделано правильное статистическое заключение (принята H_1 о существенном различии не только качества, но и урожайности зерна ржи по вариантам опыта). С агрономической точки зрения это заключение является ошибкой 3 рода, поскольку не были учтены погодные условия и дозы азота. Во второй половине вегетации отмечено избыточное количество осадков, что в условиях высокого азотного фона способствовало сильному полеганию стеблестоя. Другой пример правильного статистического заключения по неверно сформулированной теме научного исследования: на основании 10 замеров глубины заделки семян ячменя не установлено различий в качестве посева после вспашки на глубину 20 см и фрезерования на глубину 10 см ($t < t_{05}$). Подобный вывод не соответствует агрономической логике. «Оплошность» статистического теста можно объяснить недостаточным объемом выборки ($n = 10$). Однако главная ошибка заключена в биологической модели. Если мелкое фрезерование можно классифицировать предпосевной подготовкой почвы для зерновых, то вспашка таковой не является. Подобное сравнение этих обработок допустимо лишь для оценки качества посадки картофеля

6.8. Оценка существенности различий между выборками.

Сущность выборочного метода. Выборочный метод позволяет оценить совокупность изучаемых объектов на основе их части или выборки. В статистике различают всю или генеральную совокупность, подлежащую изучению, и выборочную совокупность объектов, фактически измеряемых. На практике их обозначают кратко: совокупность и выборка. Генеральная совокупность (ГС.) может быть конечной, т. е. известного объема (N). Однако, как правило, ее объем слишком велик или неизвестен, и она понимается гипотетически, или абстрактно.

Например, ГС могут составлять 200 семян новой, интересной с точки зрения селекционера линии или 1 т семян нового сорта, делянка, а также целые поля региона или

страны, засеянные этим сортом. Для оценки длины льна соломы можно взять на поле (деланке) от 5 до 500 растений. Совокупность цифр (статистическую совокупность), полученную в результате проведенного обследования, подвергают «уплотнению» (математической обработке) и получают несколько показателей, называемых оценками совокупности, или характеристиками выборки, или «статистиками». На их основе составляют доверительные интервалы (ДИ или L) параметров генеральной совокупности.

Ошибка выборки. Суть статистической оценки сводится к установлению величины ошибки выборки, называемой случайной ошибкой, статистической погрешностью, или ошибкой экспериментальной ошибкой. В этих формулах S^2 - дисперсия; S - стандартное отклонение; n - число всех значений, или объем выборки; \bar{y} - среднее значение выборки, или выборочная средняя. Ошибку чаще обозначают буквой S с индексом среднего значения признака x или Y (S_x, S_y). Ошибка позволяет характеризовать точность исследования и достоверность выводов до определенного уровня вероятности (но не до 100 %). Ошибка - закономерна, ибо часть (выборка) в условиях изменчивой среды никогда не отражает полностью целое (совокупность). Случайную ошибку нельзя связывать с несовершенством метода или инструмента, с отсутствием навыка или неаккуратностью исполнителя. Каждый метод, инструмент, как и человеческий фактор, имеют свою погрешность. Все это - источники ошибок систематического или грубого характера. Они не поддаются учету, поскольку в отличие от случайной ошибки не имеют математических формул и, как следствие, лишь завышают величину последней. Таким образом, следует различать три вида ошибок выборки (в опыте): случайные (статистические), систематические (смещения) и грубые (ошибки в прямом смысле).

Систематические ошибки в полевом опыте обусловлены неучетом закономерного (направленного), или смещенного варьирования плодородия почвы; сбоями (отсутствие регулировки) в работе инструментов, приборов и орудий; ориентацией исследователя на типичные растения (точки деланки) и т. д. Эти ошибки-смещения можно контролировать с помощью элементов методики опыта (повторность, повторения, блоки, деланки, их размеры и ориентация), а также соответствующей математической модели. Кроме того, необходимо использовать исправные (отрегулированные) приборы и орудия.

Грубые ошибки носят субъективный характер и связаны с неаккуратностью (небрежностью) исполнителей, их незнанием или невыполнением базовых требований научного исследования

К таким ошибкам относят различные нарушения и путаницу в проведении опыта и полевых работ. Например, на варианте с дозой 50 кг N на 1 га внесено 100 кг или на варианте поверхностной обработки почвы проведена обычная вспашка. Другими примерами могут служить различные сроки посева, уборки или опрыскивания; разные орудия (агрегаты) или способы агротехники, применяемые в опыте и, что никоим образом недопустимо, на вариантах одного повторения. Грубые ошибки могут быть и в записях (таблицах) результатов анализов, учетов и т. д., когда цифры теряются или попадают в «не свои клетки».

Таким образом, основным критерием для практического использования результатов научного исследования служит точность эксперимента, которая определяется экспериментальной, или случайной, ошибкой. Ошибка опыта не зависит от «характера и природы» изучаемых вариантов. Она обусловлена неоднородностью экспериментального материала и сопутствующих условий, а также различными погрешностями, допущенными в период проведения опыта. Все это создает дополнительную неоднородность фона для сравнения вариантов и увеличивает ошибку. Вместе с тем точность опыта возрастает с ростом урожайности подопытных культур. Из двух опытов с одинаковой абсолютной ошибкой (e) меньшую относительную ошибку (E) и, следовательно, большую точность будет иметь опыт с большей средней урожайностью: $E = e \cdot 100/\bar{y}$.

Именно по этой причине одним из основных требований к полевому опыту и предпосылкой его эффективности является высокая продуктивность опытной культуры.

Рандомизация (случайность, или принцип жребия). Каждое растение и точка на делянке должны иметь равный шанс быть отобранными. Случайность при отборе может быть ограничена сегментами (частями) поля или делянки.

Репрезентативность, или «типичность» (соответствие и представительность). Выборка должна соответствовать природе совокупности и иметь такой объем, чтобы быть представительной. Выборки объемом менее 20 (30) единиц принято считать малыми, а более 30 (50) - большими; менее 10 - очень малыми, а более 500 - очень большими. С увеличением индивидуальных различий отбирают большее число проб. Репрезентативная и правильная выборка являются синонимами.

Случайная выборка пригодна для всех исследований и не имеет ограничений в отношении математической обработки. Если делянка представлена сеткой с пронумерованными ячейками, то места отбора проб определяют на основе таблицы случайных чисел. Для учетов используют случайное наложение рамки размером 0,25 или 0,5 м².

В зависимости от объема выборки, принятой точности исследования, степени и вида варьирования признака в совокупности репрезентативную выборку могут обеспечить систематический, субъективный и комплексные (локально-рандомизированный, стратифицированный и др.) методы отбора проб.

Систематический метод имеет преимущество над случайным методом в связи с меньшим объемом выборки при отсутствии направленного смещения признака, например градиента плодородия почвы в полевом опыте. Систематический отбор проб проводят через равные промежутки, например, 5-е растение в каждом 3-м рядке. Место 1-й пробы определяют по жребью. При необходимости охвата всей (большой части) делянки, ее делят на слои или страты в двух направлениях. Пробы отбирают по диагонали или в правом углу ячеек полученной сетки. В случае градиента почвенного плодородия этот метод дает большую ошибку, чем случайный.

Субъективный метод ориентируется на «типичные» для исследователя растения и «ТОЧКИ» делянки. Как правило, такая выборка дает смещенную оценку: одни исследователи отбирают чрезмерное количество экстремальных представителей, а другие их полностью игнорируют. С увеличением объема выборки ошибка случайного метода снижается, а субъективного возрастает. Субъективный метод эффективен в руках опытного исследователя для очень малых выборок, составленных с целью предварительной оценки вариации совокупности.

Локальнорандомизированный метод основывается на предположении однородности совокупности. Отбор объектов проводят случайно внутри локализованных сегментов делянки. Благодаря этому обеспечивается свободный доступ к растениям, уменьшается их вытаптывание и повышается производительность труда. Однако объем выборки получается большим, чем при случайном методе.

Стратифицированный метод применяют в тех случаях, когда всю совокупность можно разбить на подсовкупности (страты). Например, стратификация деревьев по возрасту или стадии развития в плодоводстве. Число проб в каждой страте должно быть пропорционально ее размеру. Внутри подсовкупностей отбор - случайный. Этот метод дает наиболее репрезентативную выборку. Однако он требует предварительных сведений.

Таким образом, любое научное исследование от простого наблюдения до сложного эксперимента основывается на выборке. Она должна отвечать требованиям случайности, репрезентативности и достаточности, т. е. быть случайной по отбору, репрезентативной по составу и достаточной по объему (правило СРД).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Характеристики изменчивости признаков.
2. Эмпирические распределения частот и способы их представления.
3. Количественная изменчивость.
4. Качественная изменчивость.

5. Ковариация и корреляция.
6. Нулевая и альтернативная гипотезы.
7. Алгоритм статистического теста.
8. Оценка существенности различий между выборками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства: Учебное пособие / И.Б. Рыжков. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1264-8.
2. Кирюшин Б. Д. Основы научных исследований в агрономии: Учебное пособие / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. - М.: КолосС, 2009. - 398 с. ISBN 978-5-9532-0497-2.

Дополнительная

1. Дружкин А.Ф Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин, Ю.В. Лобачёв, Л.П. Шевцова, З.Д. Ляшенко. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2013, 263 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М: Агропромиздат, 1985, 351 с.
3. Худенко М.Н., Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в агрономии / М.Н. Худенко, А.Ф. Дружкин. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2003, 140 с.

7. КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ.

7.1 Сущность линейной регрессии.

Линейная регрессия (англ. Linear regression) — используемая в статистике регрессионная модель зависимости одной (объясняемой, зависимой) переменной y от другой или нескольких других переменных (факторов, регрессоров, независимых переменных) x с линейной функцией зависимости.

Модель линейной регрессии является часто используемой и наиболее изученной в эконометрике. А именно изучены свойства оценок параметров, получаемых различными методами при предположениях о вероятностных характеристиках факторов, и случайных ошибок модели. Предельные (асимптотические) свойства оценок нелинейных моделей также выводятся исходя из аппроксимации последних линейными моделями. Необходимо отметить, что с эконометрической точки зрения более важное значение имеет линейность по параметрам, чем линейность по факторам модели.

$$y = f(x, b) + \varepsilon, \quad E(\varepsilon) = 0,$$

Где b — параметры модели, ε — случайная ошибка модели, называется линейной регрессией, если функция регрессии $f(x, b)$ имеет вид

$$f(x, b) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k,$$

где b_j — параметры (коэффициенты) регрессии, x_j — регрессоры (факторы модели), k — количество факторов модели.

Коэффициенты линейной регрессии показывают скорость изменения зависимой переменной по данному фактору, при фиксированных остальных факторах (в линейной модели эта скорость постоянна):

$$\forall j \ b_j = \frac{\partial f}{\partial x_j} = const$$

Параметр b_0 , при котором нет факторов, называют часто константой. Формально — это значение функции при нулевом значении всех факторов. Для аналитических целей удобно считать, что константа — это параметр при «факторе», равном 1 (или другой произвольной постоянной, поэтому константой называют также и этот «фактор»). В таком случае, если перенумеровать факторы и параметры исходной модели с учетом этого (оставив обозначение общего количества факторов — k), то линейную функцию регрессии можно записать в следующем виде, формально не содержащем константу:

$$f(x, b) = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k = \sum_{j=1}^k b_jx_j = x^T b$$

где $x^T = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ — вектор регрессоров, $b = (b_1, b_2, \dots, b_k)^T$ — вектор-столбец параметров (коэффициентов).

Линейная модель может быть как с константой, так и без константы. Тогда в этом представлении первый фактор либо равен единице, либо является обычным фактором соответственно.

7.2. Расчеты корреляции и регрессии.

Между варьирующими явлениями, объектами, условиями среды, ростом, продуктивностью растений и другими показателями существуют определенные взаимосвязи: значение средней величины одного признака изменяется при изменении другого признака. Когда определенному значению независимой переменной X соответствует несколько значений другого признака Y , зависимость приобретает стохастический характер. Взаимосвязи между варьирующими признаками называют корреляцией.

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

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

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

При криволинейной корреляции значения X Y меняются сначала в одном направлении, а затем в противоположных. Так, при постоянно возрастающих дозах фактора X (азотные или другие удобрения, влажность почвы, ее плотность и т. п.) урожай Y сначала возрастает, затем стабилизируется, а после дальнейшего увеличения признака X снижается. Линейная связь выражается коэффициентом корреляции r , а криволинейная — корреляционным отношением η (буква «эта»).

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

Значение корреляций и регрессий. Если корреляционный анализ показал наличие сильной и достоверной связи, т. е. такой, которая установлена на уровнях вероятности до 0,95 и 0,99% проводят регрессионные анализы, вычисляя коэффициент регрессии R_{yx} или R_{xy} .

Регрессия — это характер и степень изменения одного из признаков X на единицу измерения другого Y .

После корреляционных и регрессионных анализов составляют уравнения регрессии, которые используют: 1) для вычисления неизвестного показателя по известному, например площади листьев по их длине; 2) для прогнозирования будущего урожая по числу цветков или завязей; 3) для прогнозирования качества урожая по элементам погоды; 4) для прогнозирования распространения вредителей и болезней по внешним условиям; 5) для прогнозирования качества продуктов переработки и их хранения по качеству сырья и т.

7.3. Криволинейная корреляция.

Показатели тесноты связи. Далеко не всегда характер связи между признаками выражается прямой линией. Предварительное суждение о форме связи двух признаков можно получить на основе таблицы парных наблюдений (для малых выборок: $n < 20$) или точечной диаграммы. Если одинаковые приращения факторного признака (X) сопровождаются в среднем неодинаковыми изменениями результативного признака (Y), то мы имеем дело с криволинейной зависимостью. В этом случае коэффициент r преуменьшает тесноту связи и, более того, может отрицать ее ($r = 0$).

Универсальным показателем тесноты связи, независимо от ее формы, является корреляционное отношение η . Перед его расчетом выборку (парные наблюдения) ранжируют в порядке возрастания по факторному признаку X и разбивают на 4 ...8 групп. Каждая группа должна содержать не менее двух пар.

Для выборок объемом более 20 ($n > 20$) целесообразно подготовить корреляционную решетку, тогда формула примет следующий вид:

$$\eta_{yx} = \sqrt{\frac{\sum f(\bar{y}_x - \bar{y}_0)^2}{\sum f(y - \bar{y}_0)^2}},$$

где f - численность групп; $\sum f(y_x - y_0)^2$ средне групповых от общей средней (межгрупповое варьирование) . Оно характеризует ту часть вариации результативного признака Y , которая обусловлена изменчивостью признака X ; $\sum f(y_x - y_0)^2$ отдельных значений от общей средней (общее варьирование признака Y) .

Корреляционное отношение изменяется в пределах $0 < 1$. При $r_{yx} = 0$ между изучаемыми признаками нет никакой связи. В то же время $r_{yx} = 1$, поскольку теснота связи, равная 1, означает функциональную зависимость.

7.4. Множественная корреляция и регрессия.

Корреляция между тремя или большим числом одновременно варьирующих признаков называется многократной, или множественной. Корреляция между двумя переменными при постоянном значении третьей (других) называется частичной, или частной.

Предположим, что для каждого значения зависимой переменной Y имеются соответствующие значения двух других переменных X_1 и X_2 . Простую, или парную, корреляцию между Y и X_1 выражает коэффициент линейной корреляции

$$r_{YX_1} = \frac{\sum x_1 y}{\sqrt{\sum x_1^2 \sum y^2}}$$

Малые буквы x и y означают отклонения исходных значений признаков от их средних:

$$\Sigma x^2 = \Sigma (x - \bar{x})^2; \Sigma y^2 = \Sigma (y - \bar{y})^2;$$
$$\Sigma xy = \Sigma (x - \bar{x})(y - \bar{y}).$$

Подобным образом записывают парную корреляцию между Y и X2; X1 и X2:

$$r_{YX_2} = \frac{\Sigma x_2 y}{\sqrt{\Sigma x_2^2 \Sigma y^2}}; r_{X_1 X_2} = \frac{\Sigma x_1 x_2}{\sqrt{\Sigma x_1^2 \Sigma x_2^2}}$$

На основе коэффициентов парных корреляций вычисляют частичную корреляцию между двумя признаками при фиксированном значении третьего

$$X_1 X_2 \cdot Y: r_{YX_1 Y} = \frac{r_{X_1 X_2} - 2r_{X_1 Y} \cdot r_{X_2 Y}}{\sqrt{(1 - r_{X_1 Y}^2)(1 - r_{X_2 Y}^2)}}$$

Первые две буквы в индексах r указывают, между какими признаками устанавливается связь, а 3-я буква обозначает, какой признак зафиксирован.

Коэффициент множественной корреляции измеряет объединенную связь X1 и X2 с Y: Его находят путем извлечения квадратного корня из коэффициента множественной детерминации.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Сущность линейной регрессии.
2. Расчеты корреляции и регрессии.
3. Криволинейная корреляция.
4. Множественная корреляция и регрессия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства: Учебное пособие / И.Б. Рыжков. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1264-8.
2. Кирюшин Б. Д. Основы научных исследований в агрономии: Учебное пособие / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. - М.: КолосС, 2009. - 398 с. ISBN 978-5-9532-0497-2.

Дополнительная

1. Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин, Ю.В. Лобачёв, Л.П. Шевцова, З.Д. Ляшенко. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2013, 263 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985, 351 с.
3. Худенко М.Н., Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в агрономии / М.Н. Худенко, А.Ф. Дружкин. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2003, 140 с.

8. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ.

8.1. Сущность и алгоритм дисперсионного анализа.

Международным обозначением дисперсионного анализа (ДА) служит английская аббревиатура ANOVA (анализ вариации). Сущность ДА заключается в разложении общей вариации (общей суммы квадратов отклонений) и общего числа степеней свободы по структурным элементам эксперимента с целью оценки существенности действия (взаимодействия) изучаемых факторов (вариантов) путем сопоставления соответствующих дисперсий и расчетных F-критериев с контрольными (табличными). Фактическое (расчетное) значение F получают из отношения дисперсий изучаемого фактора и ошибки ($F = S / SI$). Контрольные значения берут в соответствии с принятым уровнем значимости и числом степеней свободы для дисперсий числителя и знаменателя. Поскольку ДА является параметрическим методом, его применение обусловлено следующими предпосылками:

- нормальным распределением значений признака в совокупности;
- случайным размещением вариантов по экспериментальным единицам (делянкам в полевом опыте);
- независимостью, или несопряженностью, выборок (вариантов).

В статистике имеются критерии контроля «нормальности» данных, однако оснований для их применения нет до тех пор, пока объемы выборок не будут достаточно большими. Независимость предполагает отсутствие связи между величинами ошибок по вариантам. Поскольку соседние делянки в полевом опыте склонны к большей зависимости между собой, чем с другими делянками, то нужно избежать размещения одноименных вариантов на соседних делянках.

В зависимости от природы изучаемого фактора различают две принципиальные модели ДА.

Модель 1: градациями фактора, или вариантами, служат четко фиксируемые дозы удобрений, сорта и т. д.. варианты, или выборки, опыта не различаются существенно и составляют одну генеральную совокупность (v -число вариантов).

Модель 2: градациями фактора служат случайные выборки (дисперсия вариантов равна нулю).

Для многофакторных опытов возможны смешанные модели, например сорта и зоны возделывания. Аналогичная ситуация складывается в однофакторном полевом опыте при наличии повторений, контролируемых источников вариации.

Краткий вид моделей дисперсионного анализа представляют уравнения сумм квадратов отклонений и соответствующих степеней свободы.

8.2. Анализ однофакторных полевых опытов.

В однофакторном опыте варьирование показателей вызывается тремя причинами: действием вариантов, разным уровнем плодородия в повторениях и случайными факторами. Поэтому модель (схема) здесь несколько иная. Общая сумма квадратов будет состоять из суммы квадратов вариантов S_v суммы квадратов повторений S_p , и суммы квадратов остатка S_z :

$S_u = S_v + S_p + S_g$ - модель дисперсионного анализа однофакторного полевого опыта.

Силу влияния изучаемого фактора можно, как и в вегетационном опыте, определить по критерию Фишера:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

где F - эмпирический критерий Фишера (вычисленный); S_1^2 и S_2^2 - средние квадраты большей и меньшей дисперсий.

При использовании критерия Фишера следует помнить, что S_1^2 большая из двух дисперсий. Поэтому, если факториальный квадрат меньше случайного, показатель достоверности высчитывается как,

$$F = \frac{S_z^2}{S_v^2} \quad \text{если больше, то} \quad F = \frac{S_v^2}{S_z^2}$$

верности высчитывается как, S_v^2 если больше, то S_z^2

Стандартные (табличные) значения критерия Фишера определяются для трёх порогов вероятности безошибочных прогнозов 0,95, 0,99 и 0,999.

В большинстве случаев, если $S_1^2 : S_2^2 < F_{st}$, то и обратный показатель $S_z^2 < S_v^2$ меньше F_{st} . Однако в ответственных работах следует проверять достоверность всех влияний.

1. Влияние недостоверно - эмпирический критерий не достигает стандартного значения при взятом пороге безошибочного суждения. В этом случае нельзя сделать вывод как о равенстве, так и о различии генеральных совокупностей. Невозможен и прогноз о генеральном влиянии при массовом применении фактора. Однако недостоверность влияния не свидетельствует о том, что «влияния вообще нет», что оно отсутствует в генеральных совокупностях. Полученные результаты недостоверны в изученной градации факторов и данных условиях. Такие опыты нельзя считать неудачными. Выявленная в этом случае мера влияния должна быть учтена в будущих исследованиях.

В некоторых исследованиях недостоверность силы влияния по прямому отношению дает полный ответ на основной вопрос опыта. В этом случае недостоверность по прямому отношению средних квадратов не опровергает сходства исследуемых особей, скажем, по наследственности. Например, при сравнении сортов установлена недостоверность по величине урожаев, но большое сходство сортов (обратное отношение средних квадратов $\frac{S_z^2}{S_v^2}$ оказывается достоверным.

2. Влияние достоверно - эмпирический критерий равен или превышает стандартное значение с требуемой вероятностью. Здесь возможен прогноз: генеральные средние по градациям комплекса неодинаковы и их разнообразие подобно выборочному разнообразию.

8.3. Анализ многофакторных опытов.

Следует сразу же отметить, что принципиальной разницы между многофакторным и однофакторным дисперсионным анализом нет. Многофакторный анализ не меняет общую логику дисперсионного анализа, а лишь несколько усложняет ее, поскольку, кроме учета влияния на зависимую переменную каждого из факторов по отдельности, следует оценивать и их совместное действие. Таким образом, то новое, что вносит в анализ данных многофакторный дисперсионный анализ, касается в основном возможности оценить межфакторное взаимодействие. Тем не менее, по-прежнему остается возможность оценивать влияние каждого фактора в отдельности. В этом смысле процедура многофакторного дисперсионного анализа (в варианте ее компьютерного использования) несомненно более экономична, поскольку всего за один запуск решает сразу две задачи: оценивается влияние каждого из факторов и их взаимодействие.

Данные, подвергаемые многофакторному дисперсионному анализу, часто обозначают в соответствии с количеством факторов и их уровней.

Предположив, что в рассматриваемой задаче о качестве различных m партий изделия изготавливались на разных t станках и требуется выяснить, имеются ли существенные различия в качестве изделий по каждому фактору:

А - партия изделий; В - станок.

В результате получается переход к задаче двухфакторного дисперсионного анализа.

Все данные представлены в таблице а, в которой по строкам - уровни A_i фактора А, по столбцам -- уровни B_j фактора В, а в соответствующих ячейках, таблицы находятся значения показателя качества изделий x_{ijk} ($i=1,2,\dots,m$; $j=1,2,\dots,l$; $k=1,2,\dots,n$).

Таблица а - Показатели качества изделий

	B1	B2		Bj		Bl
A1	x_{111}, \dots, x_{11k}	x_{121}, \dots, x_{12k}		x_{1j1}, \dots, x_{1jk}		x_{1l1}, \dots, x_{1lk}
A2	x_{211}, \dots, x_{21k}	x_{221}, \dots, x_{22k}		x_{2j1}, \dots, x_{2jk}		x_{2l1}, \dots, x_{2lk}
...
A_i	x_{i11}, \dots, x_{i1k}	x_{i21}, \dots, x_{i2k}		x_{ij1}, \dots, x_{ijk}		x_{jll}, \dots, x_{jlk}
...
A_m	x_{m11}, \dots, x_{m1k}	x_{m21}, \dots, x_{m2k}		x_{mj1}, \dots, x_{mjk}		x_{mll}, \dots, x_{mlk}

Двухфакторная дисперсионная модель имеет вид:

$$x_{ijk} = m + F_i + G_j + I_{ij} + e_{ijk},$$

где x_{ijk} - значение наблюдения в ячейке ij с номером k ;

m - общая средняя;

F_i - эффект, обусловленный влиянием i -го уровня фактора А;

G_j - эффект, обусловленный влиянием j -го уровня фактора В;

I_{ij} - эффект, обусловленный взаимодействием двух факто-ров, т.е. отклонение от средней по наблюдениям в ячейке ij от суммы первых трех слагаемых в модели;

e_{ijk} - возмущение, обусловленное вариацией переменной внутри отдельной ячейки.

Предполагается, что e_{ijk} имеет нормальный закон распределения $N(0; \sigma^2)$, а все математические ожидания F^*, G^*, I^*, I^*j равны нулю.

Групповые средние находятся по формулам:- в ячейке: по строке: по столбцу: общая средняя:

В таблице б представлен общий вид вычисления значений, с помощью дисперсионного анализа.

Таблица б- Базовая таблица дисперсионного анализа

Компоненты дисперсии	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средние квадраты
Межгрупповая (фактор А)		$m-1$	
Межгрупповая (фактор В)		$l-1$	
Взаимодействие		$(m-1)(l-1)$	
Остаточная		$mln - ml$	
Общая		$mln - 1$	

Проверка нулевых гипотез H_A, H_B, H_{AB} об отсутствии влияния на рассматриваемую переменную факторов А, В и их взаимодействия АВ осуществляется сравнением отношений, (для модели I с фиксированными уровнями факторов) или отношений, (для случайной модели II) с соответствующими табличными значениями F - критерия Фишера - Снедекора. Для смешанной модели III проверка гипотез относительно факторов с фиксированными уровнями производится также как и в модели II, а факторов со случайными уровнями - как в модели I.

Если $n=1$, т.е. при одном наблюдении в ячейке, то не все нулевые гипотезы могут быть проверены так как выпадает компонента Q_3 из общей суммы квадратов отклонений, а с ней и средний квадрат, так как в этом случае не может быть речи о взаимодействии факторов.

С точки зрения техники вычислений для нахождения сумм квадратов Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q целесообразнее использовать формулы:

$$Q_3 = Q - Q_1 - Q_2 - Q_4.$$

Отклонение от основных предпосылок дисперсионного анализа -нормальности распределения исследуемой переменной и равенства дисперсий в ячейках (если оно не чрезмерное) -не сказывается существенно на результатах дисперсионного анализа при равном числе наблюдений в ячейках, но может быть очень чувствительно при неравном их числе. Кроме того, при неравном числе наблюдений в ячейках резко возрастает сложность аппарата дисперсионного анализа. Поэтому рекомендуется планировать схему с равным числом наблюдений в ячейках, а если встречаются недостающие данные, то возмещать их средними значениями других наблюдений в ячейках. При этом, однако, искусственно введенные недостающие данные не следует учитывать при подсчете числа степеней свободы

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Сущность и алгоритм дисперсионного анализа.
2. Анализ однофакторных полевых опытов.
3. Анализ многофакторных опытов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства: Учебное пособие / И.Б. Рыжков. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1264-8.
2. Кирюшин Б. Д. Основы научных исследований в агрономии: Учебное пособие / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. - М.: КолосС, 2009. - 398 с. ISBN 978-5-9532-0497-2.

Дополнительная

1. Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин, Ю.В. Лобачёв, Л.П. Шевцова, З.Д. Ляшенко. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2013, 263 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М: Агропромиздат, 1985, 351 с.
3. Худенко М.Н., Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в агрономии / М.Н. Худенко, А.Ф. Дружкин. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2003, 140 с.

9. МЕТОДЫ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ.

9.1. Методика нахождения почвенно-гидрологических констант.

Почва как многофазная система способна поглощать и удерживать воду. В ней всегда находится определенное количество влаги. Вода поступает в почву в виде атмосферных осадков, грунтовых вод, при конденсации водяных паров из атмосферы, при орошении.

Почвенная вода является жизненной основой растений, почвенной фауны и микрофлоры, получающих воду главным образом из почвы. От содержания воды в почве зависят интенсивность протекающих в ней биологических, химических и физико-химических процессов, передвижение веществ и формирование почвенного профиля, водно-воздушный, питательный и тепловой режимы, ее физико-механические свойства, то есть, важнейшие показатели почвенного плодородия. Следовательно, почвенная вода оказывает прямое и косвенное влияние на развитие и урожайность растений.

Растения расходуют воду в огромном количестве. Для создания 1 г сухого органического вещества потребляется от 200 до 1000 г воды. Количество воды, затрачиваемое на создание единицы сухого вещества за вегетационный период, называется *транспирационным коэффициентом*. Однако растениями усваивается только часть почвенной влаги, которая удерживается силами, меньшими, чем сосущая сила корней, – *продуктивная влага*. В процессе фотосинтеза вода вместе с углекислым газом – первичный источник образования органического вещества растений. В воде растворяются питательные вещества, которые с почвенным раствором поступают в растения. Растения нормально развиваются только при постоянном и достаточном количестве влаги в почве. Недостаток, как и избыток, влаги в почве ограничивает продуктивность растений. В этом случае неэффективными становятся различные приемы, направленные на повышение урожая сельскохозяйственных культур (внесение удобрений, известкование и др.).

Водообеспеченность растений определяется не только количеством поступающей воды в почву, но и ее водными свойствами, способностью почвы впитывать, фильтровать, удерживать, сохранять воду и отдавать ее растению по мере потребления. В одинаковых климатических условиях при равной влажности почвы могут содержать разное количество доступной воды, что зависит от механического состава почв, структурного состояния, содержания гумуса и других показателей, предопределяющих их водные свойства. Поэтому создание благоприятного водного режима в почве – одно из важнейших условий получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур в условиях интенсивного земледелия.

Почвенно-гидрологическими константами называют граничные значения влажности, при которых количественные изменения в подвижности и свойствах воды переходят в качественные.

9.2. Максимальная гигроскопичность.

Максимальная гигроскопическая влагоемкость (МГВ) – это наибольшее недоступное растениям количество влаги (мертвый запас влаги), которое прочно удерживается молекулярными силами почвы (адсорбцией). Величина этой влагоемкости зависит от суммарной поверхности частиц, а также содержания гумуса: чем больше в почве илистых частиц и гумуса, тем она выше. Принцип метода. Максимальная гигроскопичность /МГ/ - это наибольшее количество влаги, которое почва может сорбировать из водяного пара при относительной влажности воздуха близкой к 100%. Эта влага удерживается молекулярными силами почвенных частиц, поэтому она недоступна для растений.

Величина максимальной гигроскопичности служат для характеристики процессов передвижения и перераспределения почвенной влаги, расчета влажности завядания /ВЗ/, запасов продуктивной и недоступной влаги в почве. Определение влажности завядания биологическим путем – методом вегетационных миниатюр - более длительное и громоздкое, поэтому для получения этой величины максимальную гигроскопичность умножают на коэффициент 1,5, найденный экспериментальным путем.

Максимальная гигроскопичность зависит от гранулометрического состава, количества гумуса, состава поглощенных оснований и водорастворимых солей в почве. Поэтому при сельскохозяйственном освоении засоленных почв максимальную гигроскопичность следует определять после промывки, т.к. разница в этой величине до и после удаления солей может достигать 10%.

Метод А.В. Николаева по определению максимальной гигроскопичности заключается в насыщении почвы в эксикаторе над раствором сернокислого калия, создающим в замкнутом пространстве относительную влажность воздуха 98 – 99%. По методу Митчерлиха используют 10% серную кислоту.

Ход работы:

1. Поместить навеску почвы около 10 г, просеянной через сито с отверстиями 1 мм, в высушенный и взвешенный на аналитических весах стаканчик диаметром около 5 см и высотой 3 см.

2. Поставить открытый стаканчик в эксикатор, на дне которого находится около 100 мл насыщенного раствора K_2SO_4 , плотно закрыть эксикатор крышкой и поместить его в закрытое место с возможно меньшими колебаниями температуры.

3. Вынуть через 3 – 5 дней стаканчик из эксикатора, закрыть крышкой и взвесить. Контрольные взвешивания проводят через каждые 2 – 3 дня до тех пор, пока последние взвешивания не будут расходиться более чем на 0,02г. Наибольшая масса стаканчика с почвой считается окончательной и используется для расчета максимальной гигроскопичности.

4. Поместить открытый стаканчик в сушильный шкаф и высушивать почву при 105° до постоянного веса, как при определении гигроскопической влажности.

5. Вычислить содержание максимальной гигроскопической влаги и найти величину влажности завядания.

$$b - c \text{ МГ} = \times 100, \text{ ВЗ} = 1,5 \cdot \text{МГ} \quad c - a$$

где МГ – максимальная гигроскопичность, %;

a – масса пустого стаканчика, г ;

b – масса стаканчика с почвой после насыщения, г;

c – масса стаканчика с абсолютно – сухой почвой, г;

ВЗ – влажность завядания, %;

1,5 – коэффициент, пересчета МГ в ВЗ (1,34 для лёгких по гранулометрическому составу почв).

9.3. Влажность завядания, разрыва капилляров.

Влажность завядания растений – это почвенная влажность, при которой у растений появляются признаки завядания, не исчезающие при помещении растений в атмосферу, насыщенную водяными парами, т.е. это нижний предел доступной растениям влаги (численно равна $1,5 \cdot \text{МГ}$). Влажность завядания зависит от вида растений и свойств почвы. Чем тяжелее механический состав почвы, чем больше в ней органического вещества, тем выше ВЗ. В среднем она составляет: в песках – 1 – 3 %, в супесях – 3 – 6 %, в суглинках – 6 – 15 %, в торфяных почвах – 50 – 60 %.

Для растений доступна только та часть почвенной влаги, которая может быть усвоена в процессе жизнедеятельности. Она называется продуктивной влагой, так как используется для образования урожая и вычисляется как разница между ППВ и ВЗ. Зная количество продуктивной влаги, можно рассчитать урожай растений (1 % продуктивной влаги дает 1 ц зерна) и дефицит влаги.

Продуктивный запас влаги (ПЗВ) в определенном слое (или почвенном профиле) вычисляют, зная общий запас воды (ОЗВ) в этом слое и запас труднодоступной воды (ЗТВ). Запас воды определяют для каждого почвенного горизонта по формуле:

$$B = W_{\Pi} \cdot d_v \cdot H,$$

где B – запас воды, $m^3/га$ для слоя H, W_{Π} – полевая влажность, d_v – объемная плотность почвы, $г/см^3$, H – мощность горизонта, см. Запас труднодоступной воды рассчитывают по той же формуле, но вместо W_{Π} берут ВЗ. Для пересчетов запасов воды, выраженных в $m^3/га$, в мм их умножают на 0,1 (запас воды в 1 мм водного столба на площади 1 га равен 10 т воды). Разность между этими показателями дает продуктивный запас влаги: ПЗВ = ОЗВ – ЗТВ.

Оценка запасов продуктивной влаги в почве

Мощность	ПЗВ, мм	Оценка запасов воды
----------	---------	---------------------

слоя, см		
0 – 20	> 40	Хорошие
	40 – 20	Удовлетворительные
	< 20	Неудовлетворительные
0 – 100	> 160	Очень хорошие
	160 – 130	Хорошие
	130 – 90	Удовлетворительные
	90 – 60	Плохие
	< 60	Очень пл

9.4. Наименьшая, капиллярная и полная влагоемкость.

Наименьшая влагоемкость (НВ), или *предельная полевая влагоемкость (ППВ)* – это наибольшее количество воды, которое остается в почве после ее полного увлажнения и свободного стекания избыточной воды. Величина наименьшей влагоемкости зависит от гранулометрического и минералогического состава, плотности и пористости почвы. Она соответствует величине капиллярно-подвешенной воды. Наименьшая влагоемкость – важнейшая характеристика водных свойств почвы, дающая представление о наибольшем количестве воды, которое почва способна накопить и длительное время удерживать. Она составляет (в % от веса абсолютно сухой почвы): для песчаных – 4 – 9, супесчаных – 10 – 17, легко- и среднесуглинистых – 18 – 30, тяжелосуглинистых и глинистых – 23 – 40. Наибольшие значения ППВ характерны для гумусированных почв тяжелого механического состава, обладающих хорошо выраженной макро- и микроструктурой.

Полной влагоемкостью (ПВ) называется наибольшее количество воды, которое может вместить почва при полном заполнении всех ее пор водой при отсутствии оттока (численно равна пористости почвы).

Оптимальной влажностью для большинства культурных растений условно принято считать влажность, приблизительно равную 50 % полной влагоемкости данной почвы. Для большинства зерновых культур оптимальная влажность составляет 30 – 50 %, для зернобобовых – 50 – 60 %, технических растений и корнеплодов – 60 – 70 %, сеяных луговых трав (злаков и бобовых) – 80 – 90 % ПВ почвы. Поэтому оптимальная влажность почвы для разных растений и почв должна несколько отклоняться от условно принятой. Принцип метода. Предельная полевая влагоемкость (ППВ) – наибольшее количество воды, которое может удержать почва после стекания гравитационной влаги при глубоком залегании грунтовых вод. Синонимами предельно-полевой влагоемкости являются наименьшая влагоемкость (НВ).

Предельно-полевая влагоемкость – важнейшая характеристика водных свойств почвы. При влажности почвы, соответствующей ППВ вся система капиллярных пор заполнена водой, благодаря чему создаются оптимальные условия влагообеспеченности растений.

Предельно-полевая влагоемкость зависит от содержания гумуса, оструктуренности и гранулометрического состава почвы. В тяжелых по гранулометрическому составу, с высоким содержанием гумуса, хорошо оструктуренных почвах ППВ достигает 40-50%, в малогумусных песчаных – 5-10%.

При ППВ в почве находится максимальное количество доступной для растений влаги.

Значения ППВ используются в практических целях для расчетов максимальных запасов общей и продуктивной влаги, рациональных поливных норм, норм воды для промывки засоленных почв и т.д.

Метод Н.А. Качинского основан на увлажнении почвы (площадка 2x2 или 1x1 м) на заданную глубину (50 или 100 см) заранее рассчитанным количеством воды.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Методика нахождения почвенно-гидрологических констант.
2. Максимальная гигроскопичность.
3. Влажность завядания, разрыва капилляров.
4. Наименьшая, капиллярная и полная влагоемкость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства: Учебное пособие / И.Б. Рыжков. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1264-8.
2. Кирюшин Б. Д. Основы научных исследований в агрономии: Учебное пособие / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. - М.: КолосС, 2009. - 398 с. ISBN 978-5-9532-0497-2.

Дополнительная

1. Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин, Ю.В. Лобачёв, Л.П. Шевцова, З.Д. Ляшенко. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2013, 263 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М: Агропромиздат, 1985, 351 с.
3. Худенко М.Н., Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в агрономии / М.Н. Худенко, А.Ф. Дружкин. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2003, 140 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства: Учебное пособие / И.Б. Рыжков. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1264-8.
2. Кирюшин Б. Д. Основы научных исследований в агрономии: Учебное пособие / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. - М.: КолосС, 2009. - 398 с. ISBN 978-5-9532-0497-2.

Дополнительная

1. Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин, Ю.В. Лобачёв, Л.П. Шевцова, З.Д. Ляшенко. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2013, 263 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М: Агропромиздат, 1985, 351 с.
3. Худенко М.Н., Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в агрономии / М.Н. Худенко, А.Ф. Дружкин. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2003, 140 с.

Библиографический список

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М: Агропромиздат, 1985, 351 с.
2. Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции / А.Ф. Дружкин, Ю.В. Лобачёв, Л.П. Шевцова, З.Д. Ляшенко. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2013, 263 с.
3. Кирюшин Б. Д. Основы научных исследований в агрономии: Учебное пособие / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. - М.: КолосС, 2009. - 398 с. ISBN 978-5-9532-0497-2.
4. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства: Учебное пособие / И.Б. Рыжков. - СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1264-8.
5. Худенко М.Н., Дружкин А.Ф. Основы научных исследований в агрономии / М.Н. Худенко, А.Ф. Дружкин. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2003, 140 с.

С о д е р ж а н и е

Введение

- 1. Сущность и методы научного исследования.**
- 2. Методы размещения вариантов и план эксперимента.**
- 3. Полевой опыт.**
- 4. Документация и отчетность по научному исследованию.**
- 5. Основы статистической обработки результатов исследований.**
- 6. Анализ рядов качественной и количественной изменчивости.**
- 7. Корреляционно-регрессионный анализ.**
- 8. Дисперсионный анализ.**
- 9. Методы водно-физических свойств почвы.**

СОСТАВИТЕЛЬ

Денисов Константин Евгеньевич

*Курс лекций по дисциплине
«Методы исследования в мелиорации»*