

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СМОЛЕНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

В.Н. ДЫШКО, В.В. ДЫШКО, П.В. РОМАНЕНКО

Агрохимические методы исследований

Учебно-методическое пособие для аспирантов по направлению подготовки
35.06.01 Сельское хозяйство

Смоленск 2014

УДК 631.81:631.4(075.8)
ББК 40.4:40.36 я73
Д91

Рецензент: С.М. Вьюгин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии и экологии ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА»

Дышко В.Н.

Агрохимические методы исследований: учебно-методическое пособие / В.Н. Дышко, В.В. Дышко, П.В. Романенко. – Смоленск: ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014. – 48 с.

В учебно-методическом пособии описаны методы агрохимических исследований, применяемые в почвоведении и агрохимии. Направлено на формирование у аспирантов знаний по закладке и проведению полевого, вегетационного, лизиметрического и лабораторного опытов с удобрениями и статистической обработки полученных результатов.

Подготовлено в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство, направленности (профилю) подготовки Агрохимия - очной и заочной форм обучения.

Может быть использовано также аспирантами других направленностей (профилей) подготовки.

Печатается по решению методического совета ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА» (протокол № 07 от « 30 » июня 2014 г.)

УДК 631.81:631.4(075.8)
ББК 40.4:40.36я73

©Дышко В.Н., Дышко В.В., Романенко П.В., 2014
©ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	4
1. Полевой метод агрохимических исследований.....	6
1.1. Этапы проведения полевого опыта.....	6
1.2. Основные элементы методики полевого опыта.....	6
1.3. Основные модификации применения полевого опыта.....	10
1.4. Виды полевых опытов.....	11
1.5. Значение полевого опыта.....	13
2. Вегетационный метод агрохимических исследований.....	15
2.1. Постановка вегетационных опытов.....	15
2.2. Подготовка почвы.....	16
2.3. Набивка сосудов.....	17
2.4. Посев и посадка растений.....	18
2.5. Полив сосудов.....	19
2.6. Уборка и учет урожайности.....	20
2.7. Значение вегетационного опыта.....	20
3. Лизиметрический метод агрохимических исследований.....	22
4. Лабораторный метод агрохимических исследований.....	26
4.1. Химическая посуда.....	27
4.2. Химический анализ агрономических объектов.....	27
5. Дисперсионный анализ результатов опыта.....	30
5.1. Виды дисперсионного анализа.....	32
5.1.1. Однофакторный дисперсионный анализ.....	32
5.1.2. Двухфакторный дисперсионный анализ.....	35
5.2. Корреляционно-регрессионный анализ в агрохимических исследованиях.....	38
5.2.1. Виды корреляции и регрессии.....	39
Литература.....	43
Приложения.....	45

ВВЕДЕНИЕ

Опыт - ведущий метод исследования, включающий наблюдения корреляции и строгий учет результатов.

В агрономической химии используются различные *методы исследований* (рисунок 1):



Рисунок 1 - Основные методы агрохимии

Значение любого сельскохозяйственного опыта состоит в том, что он позволяет выявить эффективность одного или нескольких приемов возделывания сельскохозяйственных культур в конкретных почвенно-климатических условиях.

Это обусловлено тем, что она изучает многообразные вопросы, к числу которых относятся: питание растений, биохимические процессы, свойства почв, качество продукции, технология, свойства и применение удобрений. Для агронома наиболее важным является изучение растений, удобрений и почв в целях выявления необходимости применения удобрений и выбора наиболее целесообразных путей их использования.

Полевой, вегетационный и лизиметрический методы относятся к биологической группе, так как основным объектом изучения в них является растение. *Лабораторный метод* относится к химической группе.

Любой опыт или метод предназначается для разрешения задачи практического или научного значения. Сельскохозяйственный опыт помогает решить ряд вопросов, связанных с обработкой почвы, использованием минеральных и органических удобрений, химических мелиорантов, пестицидов, испытанием новых сортов сельскохозяйственных культур и т.д. Полевые, вегетационные и

лизиметрические опыты в агрохимии позволяют оценить плодородие почв, эффективность удобрений, вынос урожаем элементов питания и коэффициенты использования их, потери и в конечном итоге баланс элементов питания. Лабораторные методы делятся на химические, физические, физико-химические, микробиологические и др. Они сопровождают полевые, вегетационные и лизиметрические опыты и позволяют глубже вскрыть причину эффективного и негативного действия изучаемого фактора, в том числе удобрения, на рост, развитие, урожайность растений, качество сельскохозяйственной продукции, окружающую среду. Без лабораторных анализов полевые, вегетационные и лизиметрические опыты считаются незаконченными, так как не вскрывают суть процессов, происходящих в почве и растении, влияющих на урожайность и качество продукции. Результаты, полученные в полевых, вегетационных, лизиметрических и лабораторных исследованиях, для установления точности опыта и достоверности результатов обрабатывают математически. Для этого широко используют дисперсионный, корреляционный и ковариационный анализы.

Результаты опытов всегда подвержены тем или иным посторонним влияниям, помимо изучаемых. В результате любой опыт содержит некоторый элемент случайности, который измеряется величиной экспериментальной ошибки.

Результаты, полученные в полевых, вегетационных, лизиметрических, лабораторных исследованиях, для установления точности опыта и достоверности результатов обрабатывают математически. Для этого широко используют дисперсионный, корреляционный и ковариационный анализы. Расчеты осуществляют на электронных вычислительных машинах, знание основ математической статистики, умение работать на компьютерах необходимы как для студента, так и для специалиста.

Знание современных методов статистической обработки необходимо не только для количественной характеристики наблюдений и полученных в опыте данных, когда уже нельзя ничего исправить, но и на всех этапах эксперимента – от планирования до интерпретации окончательных результатов.

Все статистические методы основаны на теории вероятностей – науке, изучающей общие закономерности в массовых случайных явлениях различной природы, и применяются везде, где приходится иметь дело с планированием экспериментов и обследований, с оценкой параметров и проверкой гипотез, с принятием решений при изучении сложных систем.

Сами по себе методы математической статистики, если они не сочетаются с предварительным квалифицированным анализом агрономической сущности изучаемого явления и правильной постановкой опытов, не могут ничего добавить к умению экспериментатора. Никакая статистическая обработка материалов не может заставить плохой опыт дать хорошие результаты.

1. ПОЛЕВОЙ МЕТОД АГРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Представляет собой метод исследования, который проводится в полевой обстановке на специально выделенном участке в целях установления влияния факторов жизни, условий или приемов возделывания на урожай сельскохозяйственных растений и его качество.

1.1. Этапы проведения полевого опыта

Полевой метод включает следующие основные этапы: выбор участка, его разделение на делянки, обработку почвы, внесение удобрений, выбор растений, посев семян, наблюдения за опытными растениями, уборку урожая.

1.2. Основные элементы методики полевого опыта

Это число вариантов, площадь делянок, их форма и направление, повторность, система размещения повторений делянок и вариантов на территории, метод учета урожая и организацию опыта во времени. Правильное сочетание этих элементов обеспечивает максимальную точность проведения полевого опыта в конкретных условиях.

Число вариантов

Число вариантов в схеме любого опыта - обычно заранее заданная величина, которая всецело определяется его содержанием и задачами. Число вариантов, очевидно, не может оказать влияния на типичность опыта, но может влиять на точность опыта и существенно сказаться на его ошибке, снижая ее при очень большом числе вариантов и невыровненности плодородия почвы на опытном участке, так как при прочих равных условиях опыт с большим числом вариантов будет занимать большую площадь. Увеличение числа вариантов в опыте сверх 12-16 на пестрых и выравненных участках с закономерной территориальной изменчивостью плодородия почвы значительно увеличивает ошибку эксперимента. При случайном варьировании пестроты плодородия, т. е. на участках, где территориальная изменчивость выражена слабо, независимо от величины коэффициента вариации ошибка опыта при увеличении числа вариантов с 6 до 50 также возрастает, но в меньшей степени.

Площадь, форма и направление делянок

Делянка - часть площади опыта, на которой размещен отдельный вариант опыта. Площади делянок могут сильно варьировать. Для лабораторно-полевых

опытов рекомендуют размер 10-50 м², для полевых опытов в производственной обстановке - 50-200 м² и более.

При размере делянки 200-500 м² и несколько больше можно применять сельскохозяйственные машины. Не следует иметь слишком большие размеры делянок, так как увеличивается ошибка опыта, требуются большие затраты, затрудняются работы и ухудшается их качество. Форма делянки - отношение ширины к длине. Применяют делянки разной формы - от квадратной до удлиненной. Чаще встречаются вытянутые с отношением сторон от 1:5 до 1:15. Длинную сторону делянки стремятся совместить с направлением систематически меняющегося плодородия почвы (вдоль склона, поперек полевзащитной лесной полосы и т.д.). Соседние делянки соприкасаются, как правило, своими длинными сторонами.

Повторность опыта на территории и во времени

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

Повторность опыта на территории - суммарное число одноименных по варианту делянок. Полевые опыты, требующие точных сравнений, осуществляют не менее чем в четырехкратной повторности при размере учетной части делянки не менее 100 м². Предварительные, рекогносцировочные и демонстрационные опыты закладывают в двух- и трехкратной повторности. Полевые опыты без повторности исключаются. Обоснованный выбор повторности определяют при планировании опыта, учитывая пестроту плодородия почвы на участке будущего опыта и предполагаемое различие между вариантами по урожайности.

Повторность опыта во времени - число лет повторения опыта. Она позволяет оценивать варианты при различных погодных условиях, а также изучать влияние вариантов в последствии (в последующие годы). Многие агротехнические опыты повторяют 2-3 года (минимум), опыты с сильным воздействием и последствием на почву проводят большее число лет. Длительность проведения опыта планируется заранее. Территориальная повторность дает возможность полнее охватить каждым вариантом опыта пестроту земельного участка и получить более устойчивые и точные средние, а повторность во времени позволяет установить действие, взаимодействие или последствие изучаемых факторов в разных метеорологических условиях. При увеличении повторности заметно снижается ошибка опыта. Особенно сильно ошибка снижается при увеличении повторности до 4-6-кратной; дальнейшее повышение повторности сопровождается менее значительным уменьшением ошибки. Увеличение числа повторных делянок сильнее уменьшает ошибку опыта, чем соответствующее увеличение площади делянки при неизменной повторности. Преимущество метода уточнения полевого опыта увеличением повторности по сравнению с уве-

личением площади делянки обычно более существенно. Эффективность повторности особенно четко проявляется, если целые повторения, т. е. весь набор изучаемых вариантов опыта, располагать в пределах даже сильно различающихся, но достаточно однородных внутри себя частей земельного участка. Проведение опытов без повторности допустимо в предварительных, рекогносцировочных и демонстрационных опытах.

Система размещения на территории делянок, повторений и вариантов

Делянки в полевом опыте размещают в один, два ряда и более. Каждый ряд называют ярусом. Внутри яруса делянки примыкают одна к другой боковыми сторонами. Вдоль каждого яруса с обеих сторон оставляют дороги (их можно засеивать) для разворота сельскохозяйственных агрегатов. Выбор количества ярусов определяется, с одной стороны, количеством вариантов, размерами делянок, повторностью, а с другой - конфигурацией опытного участка.

В условиях полевого опыта различия в плодородии почвы внутри повторений обычно значительно меньше, чем между повторениями - это послужило основой для введения метода организованных повторений.

Повторение (организованное повторение) - часть площади опыта, куда входят делянки с полным набором вариантов схемы опыта. В этом случае все варианты, каждый на одной делянке, располагают компактно в одном блоке, составляя организованное повторение. Суть его заключается в том, что делянки с полным набором всех вариантов схемы объединяют территориально в компактную группу, составляя определенным образом организованное повторение, которое занимает часть площади участка. Повторение, взятое в отдельности, представляет в сущности как бы сокращенный в объеме опыт. Итак, организованное повторение - часть площади опытного участка, включающая полный набор вариантов схемы опыта. В настоящее время большинство опытов ставят методом организованных повторений, так как выделить под опыт земельный участок, где не имелось бы более или менее резких различий между отдельными частями его, очень трудно.

Внутри повторения варианты на делянках размещают случайно (рендомизированно), по жребии. Опыты могут размещаться на земельном участке и без территориального объединения вариантов в компактные группы - повторения, а полностью случайно. Из случайных методов размещения вариантов наиболее широко распространен метод рендомизированных повторений (блоков). Сущность его заключается в том, что внутри каждого повторения (блока) варианты на делянках размещены случайно. Плодородие почвы внутри каждого повторения (блока) должно быть максимально однородным. Его используют только в тех редких слу-

чаях, когда нет необходимости ставить под контроль возможное закономерное варьирование условий эксперимента, что может быть, например, в небольших опытах, которые закладывают на хорошо выравненных земельных участках.

Организованные повторения можно размещать сплошным способом, когда все повторения объединены территориально, и разбросанным, когда повторения по одному или по несколько расположены в разных частях поля или даже в различных полях и опытный участок не имеет одной общей границы. Ко второму способу расположения повторений чаще всего прибегают вынужденно при отсутствии в одном месте достаточного земельного участка, где можно было бы разместить все повторения в непосредственной близости друг от друга, например в районах с очень не выровненным рельефом, при поливе затоплением по «чекам» и т.п. Однако повторения иногда разбрасывают умышленно, например в опытах по изучению эрозии почвы, оценке новых приемов или сортов в разных почвенных и агротехнических условиях. В этих условиях несколько одинаковых опытов повторений располагают на участках с различными по механическому составу и плодородию почвами, в разных севооборотах и при неодинаковом уровне агротехники.

Число опытных участков соответствует числу повторностей опыта. Обычно все повторения полевого опыта размещают на одном опытном участке, т.е. применяют сплошное расположение их в один, два, три или больше ярусов. Организация полевого опыта, когда в каждом его повторении представлены все варианты схемы, называется взаимно ортогональной.

Таким образом, организованные повторения, кроме уточнения средних по вариантам, выполняют еще одну важную роль, а именно контролируют значительную часть территориальной изменчивости опытного участка и обеспечивают возможность уменьшения ошибки опыта в процессе дисперсионного анализа экспериментальных данных.

Методы учета урожая

Существует два метода учета урожая:

- сплошной
- по пробным снопам.

Сплошной - наиболее точный. Взвешивают всю основную продукцию со всей учетной площади делянки (иногда взвешивают и побочную продукцию, например солому у зерновых культур). Метод учета урожая *по пробным снопам* встречается реже. Его применяют, например, в опытах с многолетними травами, которые выращивают на сено. В этом случае взвешивают всю зеленую траву с учетной части делянки сразу же после скашивания растений и отдельно - пробные снопы. Последние, после высушивания еще раз взвешивают, и урожай

сена определяют расчетным методом. Пробные снопы берут по особой методике. Метод учета урожая по пробным снопам иногда применяют в опытах и с другими культурами.

1.3. Основные модификации применения полевого опыта

Полевой опыт применяют в трех основных модификациях:

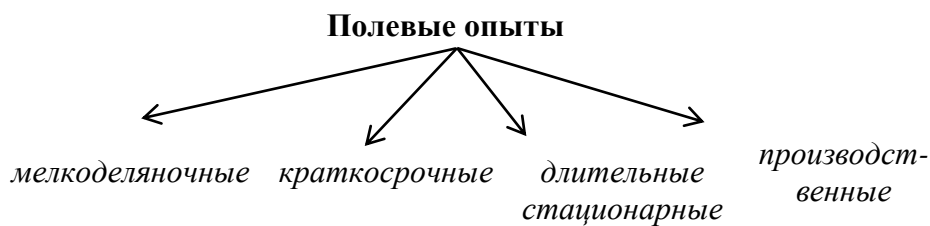
- предварительный (рекогносцировочный),
- лабораторно-полевой
- производственно-полевой.

Последний иногда называют полевым опытом в производственной обстановке, или просто полевым опытом. Лабораторно-полевой опыт проводят в типичных почвенных и климатических условиях для конкретного района, зоны, хозяйства или поля севооборота. Схема лабораторно-полевого опыта должна быть аналитической, то есть допускать необходимое расчленение изучаемых приемов, а сам опыт сопровождаться необходимыми сопутствующими наблюдениями и исследованиями. Лабораторно-полевой опыт позволяет дать только агротехническую оценку изучаемым вариантам опыта. Полевой опыт в производственной обстановке закладывают в типичных почвенно-климатических и агротехнических (хозяйственных) условиях. Последнее определяется применением имеющихся в хозяйстве сельскохозяйственных машин, подбором типичных предшественников, посевом семян культур районированных сортов и другими условиями. Такие опыты размещают на высоком агрофоне. Полевой опыт в производственной обстановке позволяет дать агротехническую и экономическую оценку изучаемым вариантам. Метод учета хозяйственной эффективности можно считать модификацией полевого опыта. Его применяют в условиях сельскохозяйственного производства. Он позволяет совмещать в производственных условиях процесс изучения перспективных агротехнических приемов и сортов культурных растений с одновременным их внедрением на полях хозяйства, а также установить степень влияния новых приемов на урожайность и экономическую эффективность. Его осуществляют способом выделения контрольных полос, на которых размещают контрольный вариант.

Кроме точных полевых опытов, которые позволяют сравнить варианты по урожайности, закладывают опыты-пробы и демонстрационные опыты. Они более простые, урожайность культур в них не устанавливают. Варианты оценивают по внешнему виду растений, особенностям их роста и развития. Опыты-пробы ценны до заложения точных полевых опытов, а демонстрационные - хорошо использовать на агрономических семинарах и при других формах обучения.

1.4. Виды полевых опытов

Полевые опыты подразделяют на *мелкоделяночные, краткосрочные, длительные стационарные и производственные*:



Мелкоделяночные опыты

Еще больше сближаются с полевыми опытами, но отличаются от них тем, что площади опытных делянок имеют размер в несколько квадратных метров: 4, 8, 10. На таких делянках все работы выполняются вручную, количество растений незначительно, а их агротехника — не типичная для производственных условий.

В этих опытах могут изучаться такие вопросы, как степень плодородия различных генетических горизонтов почвы, влияние степени плотности пахотного слоя или разных его частей на запасы доступной воды и урожай растений, размещение по профилю пахотного слоя удобрений и др.

Краткосрочные опыты

В таких опытах действие удобрений на урожай и качество сельскохозяйственных культур изучается не менее трех лет в определенных почвенных условиях. Такие опыты носят в большей степени практический характер, чем мелкоделяночные. В Географической сети опытов в нашей стране для изучения эффективности новых форм и видов удобрений широко используются их сочетания с другими химическими средствами. Данные этих опытов широко используются для определения потребности в различных видах и формах минеральных удобрений в зональном аспекте или административном (район, область, республика), а также при определении перспективной потребности страны в различных видах и формах удобрений. Результаты этих опытов вводятся в банк данных, а затем с помощью ЭВМ по соответствующей программе выдается необходимая информация.

Мелкоделяночные и краткосрочные опыты полевые опыты широко используются и для совершенствования методов комплексной почвенной и растительной диагностики оптимизации питания растений и применения удобрений.

Стационарные опыты

Закладывают на постоянных участках землепользования научно - исследовательских учреждений. *Цель таких опытов* — выявление действия удобрений на

урожайность и качество сельскохозяйственных растений, определение трансформации питательных веществ почвы и удобрений, значение других факторов, приемов возделывания культур, отзывчивость сортов на удобрения и др. Для стационарных опытов требуются создание определенного фона под опыт, обязательность учета урожайности как при прямом действии, так и в последствии удобрений, глубокие сопутствующие исследования в процессе вегетации растений. К стационарным опытам предъявляют строгие требования: предварительное всестороннее изучение плодородия почвы, выбор площади, направления, формы делянок и числа повторений, севооборотов, принятых в регионе и т.д. Стационарные опыты позволяют глубоко вскрыть процессы, происходящие в почве и растениях, приводящие к изменению урожайности. Границы полей в стационарных опытах фиксируют реперами. Оптимальная площадь делянки в таких опытах 100-250 м², учетная – 80-150 м². Результаты стационарных опытов, выводы и рекомендации по ним используют в хозяйствах, типичных по почвенно-климатическим и организационно-хозяйственным условиям.

Длительный полевой опыт с удобрениями – это стационарный опыт, проводимый более одной ротации севооборота. Длительные стационарные опыты дают ценную информацию по оценке сравнительной эффективности различных систем удобрений в севооборотах, т.е. органических, минеральных, их сочетаний; уровня насыщенности севооборотов удобрениями; оптимального распределения органических и минеральных удобрений по культурам севооборота, а также форм удобрений. Эти опыты являются базой для разработки статических моделей плодородия почв, исследования закономерностей изменения плодородия почв и качества продукции при длительном применении удобрений, проведения балансовых исследований, миграции питательных элементов по профилю почвы и накопления балластных токсических элементов (в том числе тяжелых металлов в почве при длительном применении удобрений и других агрохимических средств, т.е. для решения ряда экологических проблем агрохимии) и т.д. Опыты проводятся в условиях, близких к производственным. Хорошо выдержанные в методическом отношении длительные стационарные опыты с удобрениями или многофакторные представляют большую ценность для развития науки, использования информации для определения перспектив применения удобрений в стране.

Производственные опыты

Производственные опыты закладывают в условиях колхозов, фермерских хозяйств, как научно-исследовательские учреждения, так и специалисты хозяйств по своей инициативе. Основная цель таких опытов – получение ответа на интересующий вопрос со стороны производства.

К производственным опытам предъявляют менее строгие требования. В них до минимума сведены сопутствующие исследования, а в большинстве случаев ограничиваются анализом почв до закладки опыта и определением структуры урожайности, а иногда данными агрохимического обследования почв, проведенного в предшествующие закладке годы. Анализы растительных проб во время вегетации не проводят. И, тем не менее, выбор земельного участка, фиксация границ делянок и всего опыта, внесение удобрений, обработка почвы, посев, посадка, уход за растениями должны соответствовать требованиям методики полевого опыта.

На основе результатов *полевых и производственных опытов* с обязательной агроэкологической и экономической оценкой изучаемых удобрений и приемов их внесения даются практические рекомендации производству, которые позволяют эффективно использовать разнообразные местные и промышленные удобрения.

1.5. Значение полевого опыта

Результаты полевого опыта способствуют продвижению сельскохозяйственной науки вперед, обуславливая прогресс сельскохозяйственного производства в целом. В агрохимических полевых опытах изучается влияние видов, форм, доз, сроков, способов внесения удобрений и химических мелиорантов, как в отдельности, так и с другими агрохимическими приемами, на рост, развитие, урожайность сельскохозяйственных культур и их качество.

Существует ряд вопросов, связанных с изучением действия удобрений, которые можно разрешить только с помощью полевого опыта. К ним относятся, например, эффективность удобрений в севообороте; разработка системы удобрений; сочетание удобрений с другими агротехническими приемами (с обработкой почвы и уходом за растениями); эффективность удобрений, обладающих длительным последствием и т.д.

В конечном итоге результаты полевых опытов используются для разработки рекомендаций по рациональному использованию удобрений под культуры севооборота.

Полевой опыт с удобрениями в системе агрохимических исследований, как правило, завершает серию исследований с использованием вегетационного, лабораторного и других методов. Он дает возможность получить количественную, соизмеримую с производственными условиями оценку эффективности действия удобрений. Поэтому исследование любого вопроса, связанного с применением удобрений, нельзя считать завершенным, если оно не проверено в условиях полевого опыта.

В нашей стране особенно велика необходимость широкой сети полевых опытов с удобрениями из-за большого разнообразия почвенных, климатических и хозяйственных условий.

Однако, несмотря на исключительно важную роль полевого опыта в агрохимических исследованиях, существуют условия, ограничивающие его значение. К ним относятся тесная связь результатов полевого опыта с конкретными почвенными и климатическими условиями его проведения. Без детальной характеристики почв, на которой поставлен полевой опыт, данные его будут иметь значение только для того участка, где опыт заложен. Умелое сочетание полевого опыта с другими методами исследования дает его результатам более широкое толкование. Так детальное почвенное и агрохимическое обследование почвенного участка позволяют значительно расширить территорию использования его результатов.

В условиях полевого опыта часто невозможно или трудно детально расчленить исследуемые факторы и осуществить их искусственное регулирование, как это бывает возможно, например, в *вегетационном опыте* (детальное регулирование влажности почвы или показателей ее кислотности и т.д.).

Вопросы для самоконтроля

1. Значение полевого метода исследований в агрохимии?
2. Основные требования, предъявляемые к опытному участку?
3. Схема и схематический план опыта?
4. Составление схем полевых опытов с видами минеральных удобрений.
5. Составление схем полевых опытов с формами азотных удобрений.
6. Составление схем полевых опытов с дозами азотных удобрений.
7. Составление схем многофакторного опыта.
8. Программа опыта и что она отражает?

2. ВЕГЕТАЦИОННЫЙ МЕТОД АГРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Вегетационный метод - исследование, проводимое с растениями, при выращивании их в сосудах, в строго контролируемых условиях для изучения действия отдельных изолированных факторов или их сочетания на урожай растений и его качество.

Д. Н. Прянишников считал, что в агрохимии «... задачей вегетационного метода является вскрытие существа процессов и уяснение значения отдельных факторов, прежде всего роли растения, почвы и удобрения в условиях, наиболее благоприятных для выявления этой роли».

Использование вегетационного метода относится к далекому прошлому. Выращивание растений в сосудах и наблюдение за ними проводили давно. Первые описания исследований были сделаны в Брюсселе Ван Гельмонтом около 1629 г. Выращивая иву в сосудах, наполненных просушенной почвой, и поливая ее дождевой водой, он пришел к заключению, что основным фактором в жизни растений является вода. Ван Гельмонт не учел участия минеральных веществ почвы и CO_2 воздуха в питании растений, что привело к неверному выводу.

Такой метод применяют для решения многих вопросов в агрохимии, физиологии, почвоведении, экологии, растениеводстве и других областях сельскохозяйственной науки.

Однако результаты вегетационных опытов, по мнению большинства ученых, нельзя непосредственно переносить на полевую обстановку, что не умаляет значения этого метода исследований.

2.1. Постановка вегетационных опытов

Вегетационные опыты осуществляются в лабораторных условиях при постановке водных, песчаных или почвенных культур, позволяющих изолировать влияние отдельных внешних факторов, но помещающих растения в искусственную обстановку. Вегетационные опыты могут проводиться также в природных условиях при организации полевых исследований, затрудняющих контроль над факторами среды, но в большей степени отвечающих естественным условиям произрастания растений. Сочетание этих методов способствует выяснению наиболее полной картины физиологической реакции растений при изменении условий окружающей среды.

Сосуды для вегетационных опытов применяются из самых различных материалов: стекла, глины, оцинкованного железа, пластика и т. д. В качестве субстрата (среды) для растений используется вода, песок, почва, гравий и т. д.

На этом основании вегетационные опыты с названным субстратом получили название водных, песчаных, почвенных, гравийных.

Искусственные условия дают возможность исключить все неблагоприятные не изучаемые факторы и выявить значение того или иного из них в возможно более чистом виде, сделать расчлененный анализ, который в сложной природной обстановке провести нельзя.

2.2. Подготовка почвы

Почва для вегетационного опыта может быть взята с контрольных делянок полевого опыта, при этом экспериментатор должен хорошо знать тип, подтип, гранулометрический состав, агрохимические показатели почвы. На поле почву берут лопатами с пахотного слоя, перевозят почву к вегетационному домику навалом в тракторной тележке, подложив под нее полиэтиленовую пленку, бумагу или брезентовый полог. Сверху почву укрывают таким же материалом.

С опытных делянок почву берут из разных мест небольшими порциями так, чтобы не нарушить строение пахотного слоя делянки и не образовать ям и западин. Недопустимо брать почву с делянок, на которые удобрения были внесены недавно. В мешки кладут этикетки с обозначением номера делянки и агрохимических показателей.

Количество необходимой почвы для вегетационного опыта определяют с учетом числа сосудов и их емкости. Принимая во внимание возможные потери при транспортировке и хранении, почвы берут на 20-30% больше расчетного количества. Для набивки сосудов наиболее пригодна почва влажностью 18-20% тяжелосуглинистого и глинистого и 14-16% супесчаного гранулометрического состава. У вегетационного домика почву высыпают на свободной площадке на пленку и закрывают бумагой и пленкой. Почву из мешков можно не вываливать.

Почва должна хорошо распадаться в руках на мелкие комочки. Переувлажненную почву следует подсушить на открытом воздухе. Перед набивкой в сосуды почву следует тщательно перемешать и просеять через сито с диаметром отверстий 3-5 мм. Отбрасывают крупные комки, гальку, пожнивные остатки, корни и червей. Просеянную почву еще раз перемешивают, отбирают среднюю пробу в трехкратном повторении:

- в заранее просушенные и взвешенные бюксы на влажность;
- в цилиндры для определения полной влагоемкости;
- в коробки для агрохимического анализа

Влажность и влагоемкость должны быть определены не ранее чем за сутки до закладки опыта. Эти показатели необходимы для определения абсолютно сухой массы почвы и установления поливной нормы сосудов.

При достаточном количестве рабочей силы подготовку почвы и набивку 80-100 сосудов можно провести за один рабочий день.

Для постановки вегетационных опытов с почвенной культурой можно использовать сосуды Митчерлиха и Вагнера. Сосуды состоят из двух частей: собственно сосуда и поддона. Сосуды могут быть различной высоты и диаметра: 15х20 см, 15х30, 20х20 см. в такие сосуды вмещается 5-7 кг почвы. В днище сосудов имеется отверстие (прорезь) для стока просочившейся воды. Воду, попавшую в поддон, выливать нельзя – она должна идти на полив повторно.

В сосудах Митчерлиха можно проводить опыты с зерновыми культурами, гречихой, горохом, льном, столовыми корнеплодами.

Перед набивкой сосуды тщательно моют водопроводной водой, а при постановке опытов с микроэлементами – дистиллированной. Для каждого опыта подбирают сосуды одинаковой массы, высоты и диаметра.

2.3. Набивка сосудов

При набивке сосудов почву взвешивают, навески переносят в таз, вносят удобрения и тщательно перемешивают руками.

Азотные и калийные удобрения можно вносить в виде порошков, гранул и в растворенном состоянии. Навески сухих удобрений насыпают в пакетики за 1-2 дня до набивки, на них указывают вариант схемы опыта, вид, форму удобрения и массу навески в граммах. Число пакетиков с удобрениями должно соответствовать числу сосудов с удобряемой почвой.

Если удобрения вносят в растворе, то брать навески в пакеты нет необходимости. В лаборатории отвешивают одну общую навеску, по массе равную сумме однозначных вариантов, и растворяют в небольшом объеме воды. На один сосуд с тяжелосуглинистой или глинистой почвой достаточно 30-50 мл раствора удобрения, для песчаных и супесчаных – 15-20 мл. Напр., если навеска аммиачной селитры на один сосуд равна 1,45 г, то для всех 20 сосудов она составит 29 г, которые растворяют в 1450 мл воды. В дальнейшем для каждого сосуда мерным цилиндром или пипеткой отмеряют по 50 мл раствора и вносят в почву.

Навески с азотными и калийными удобрениями могут быть растворены в одном объеме воды и внесены в один прием. В почву без удобрений вносят дистиллированную воду, равную по объему вносимому раствору удобрений в изучаемых вариантах.

Слаборастворимые и нерастворимые в воде удобрения вносят в сухом виде.

Количество почвы, вносимой в сосуд, устанавливают пробной набивкой. Почву из таза переносят в сосуд в 3-4 приема горстями, каждый раз уплотняя ее согнутыми пальцами. Уплотненная в сосуде почва не должна высыпаться при опрокидывании сосуда.

При правильно выбранной навеске почвы и после набивки поверхность ее в сосуде должна находиться на 2-3 см ниже края сосуда.

Наполненные почвой сосуды имеют свой номер, который обозначают черной краской. Варианты, номера сосудов и другие показатели заносят в журнал в определенном порядке.

Набивать сосуды следует с контрольных вариантов, т.е. с тех, в которые не вносят удобрения.

2.4. Посев и посадка растений

Зерновые и бобовые культуры высевают пророщенными семенами на глубину 1,5-2,0 см. на сосуд 20х20 см высевают 20-25 семян зерновых, 15-20 семян бобовых, 5-7 кукурузы, 3-5 столовых корнеплодов. При посеве очень удобно лунки для семян делать специально приготовленным маркером. Он представляет собой деревянный круг с шипами (зубьями), его диаметр на 0,5-1 см меньше диаметра сосуда. При надавливании маркера на поверхность почвы на ее поверхности остаются лунки нужной глубины, в которые пинцетом вносят наклюнувшиеся семена.

Проращивание семян проводят в противнях, плоских блюдах – растильнях, которые тонким слоем настилают чистый кварцевый песок, увлажняют дистиллированной водой и покрывают фильтровальной бумагой. На фильтровальную бумагу кладут семена и снова прикрывают бумагой. Чтобы уменьшить испарение воды, посуду прикрывают стеклом. Оптимальная температура для проращивания – 28-30⁰С. Чтобы ускорить проращивание, посуду с семенами ставят в термостат.

Посеянные семена заделывают легким надавливанием на них ладонью, после чего почву засыпают чистым кварцевым песком, при этом на сосуд его расходуют 200 г. песок необходим для предохранения почвы от потери влаги и от размывания поверхности при поливе.

После посева сосуды закрывают листами бумаги.

После появления первых всходов бумагу снимают. Количество высеваемых семян должно быть больше необходимого числа растений к уборке на случай гибели всходов или молодых растений. В сосудах 20х20 см в фазе двух листьев зерновых культур оставляют 15-20 растений, зернобобовых – 10-15,0 кукурузы – 2-3, корнеплодов – 1 растение на сосуд. Все удаляемые растения оставляют на поверхности почвы в сосуде.

Для получения достоверных результатов урожайности в вегетационном опыте достаточно иметь 3-4-х кратную повторность вариантов. Если программой предусмотрено проведение анализов растений и почвы в период вегетации,

то повторность может быть увеличена до 8-10-кратной, при этом в назначенные сроки проводят удаление одного сосуда, т.е. исключение одной повторности.

Растения у прикорневой шейки срезают ножницами, кладут в пакет и высушивают в подвешенном состоянии в вегетационном домике, на стеллажах сушильного сарая или в сушильных шкафах. Почву из сосуда высыпают на лист бумаги, фанеру, пленку, перемешивают, раскладывают тонким слоем, после чего методом квартования берут средний образец массой 300-500 г.

Для предохранения растений от полегания в сосуды вставляют проволоочный каркас, между рейками которого натягивают нитки. При появлении болезней и вредителей обработку растений пестицидами проводят одновременно во всех сосудах, включая и те, в которых повреждения не обнаружены.

2.5. Полив сосудов

В опытах с минеральными удобрениями полив всех сосудов проводят до одинаковой влажности почвы. Точно установить количество воды для полива можно, если известны влажность почвы в момент набивки и полная влагоемкость ее.

В зависимости от возраста и вида растений, температуры воздуха потребность в воде растет, а, следовательно, и количество воды на сосуд бывает различным. Как правило, во время созревания воды расходуется меньше, чем в фазе цветения или трубкования.

В прохладные дни полив сосудов проводят один раз в день рано утром. В жаркие дни сосуды поливают дважды: утром и вечером.

Поливную массу, до которой необходимо поливать сосуды, вычисляют следующим образом:

1. До набивки определяют полную влагоемкость (55%) и влажность почвы (18%).

2. В сосуд 20x20 см вмещается 6 кг почвы с естественной влажностью 18%. Следовательно, абсолютно сухой почвы в сосуде 4,92 кг и 1,08 кг воды.

3. Определяют процент воды при увлажнении почвы до 60% полной влагоемкости:

$$55 - 100$$

$$X - 60; \quad X = 33\%$$

Это составит 1,62 кг воды на 1 сосуд к массе абсолютно сухой почвы:
 $4,92 - 100$

$$X - 33; \quad X = 1,62 \text{ кг}$$

Масса почвы в сосуде с влажностью 33% составит $4,92 + 1,62 = 6,54$ кг. Следовательно, не хватает до 33% воды $6,54 - 6,0 = 0,54$ кг.

Поливная масса складывается из массы сосуда, массы почвы с влажностью в день набивки, массы песка, массы каркаса и массы недостающей воды.

Если принять массу сосуда равной 1 кг, массу каркаса 100 г, массу песка 200 г, то ПМ будет равна $1 + 6 + 0,2 + 0,1 + 0,54 = 7,84$ кг.

При поливе сосуда ставят на весы и приливают столько воды, сколько требуется до установления поливной массы.

Для выравнивания условий освещения и нагревания сосудов при поливе проводят перестановку их местами: средние выставляют на края, а крайние ставят в середину.

2.6. Уборка и учет урожайности

Уборку и учет урожайности проводят при полном созревании растений. Дни уборки и учета урожайности отмечают в журнале. Растения срезают на расстоянии 1-2 см от поверхности почвы и подсчитывают число продуктивных и непродуктивных растений, стеблей, колосьев, стручков, измеряют высоту растений, длину колосьев, стручков, метелок и т.д. затем растения с каждого сосуда помещают в пронумерованные бумажные пакеты. После обмолота определяют массу зерна и соломы. Кроме надземной массы путем отмывки на ситах можно определить и массу корней.

Данные урожайности обрабатывают дисперсионным методом, определяют относительную ошибку и достоверность полученных результатов.

В растениях могут быть определены показатели качества, содержание питательных веществ, а на основании урожайности и содержания элементов питания – вынос и коэффициенты их использования из удобрений и почвы.

2.7. Значение вегетационного опыта

Широкое использование вегетационного метода сыграло большую роль в развитии физиологии растений и агрохимии при выяснении вопросов механизма питания растений (поступление и превращение элементов питания, их обмен), роли отдельных элементов и факторов (тепло, свет, влага, питательные вещества, субстрат) в создании урожая и его качестве, выявлении наилучших видов, форм и доз удобрений, изучении свойств почв в связи с их влиянием на рост растений и отзывчивость их на удобрения, а также для оценки быстрых методов определения потребности растений в удобрениях.

Вопросы для самоконтроля

1. Значение вегетационного метода в агрохимических исследованиях.
2. Сходство и различие вегетационного и полевого опыта?
3. Развитие вегетационного метода за рубежом и в нашей стране.
4. Какие вопросы решают с помощью почвенной культуры?
5. Подготовка почвы для вегетационных опытов.
6. Сосуды, используемые при постановке вегетационных опытов с почвенными культурами?
7. Подготовка сосудов и технике набивки в опытах с почвенной культурой.
8. Удобрения, используемые в вегетационных опытах с почвенной культурой и как рассчитывают их дозы?
9. Как устанавливают поливную массу в вегетационных опытах?
10. Сопутствующие исследования в вегетационных опытах с почвенной культурой.
11. Способы учета урожайности в вегетационных опытах.
12. Задачи и методики опытов с песчаными культурами.
13. Задачи и методики опытов с водными культурами.
14. Питательные смеси для водных и песчаных культур.
15. Какие вопросы решают с помощью методики текучих растворов?
16. Какие вопросы решают с помощью методики изолированного питания?
17. Какие вопросы решают с помощью методики стерильных культур?

3. ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД АГРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лизиметрический метод - метод исследования свойств почвы и жизнедеятельности растений с помощью лизиметра — прибора или стационарного сооружения для учета и сбора влаги (почвенного раствора), профильтровавшейся через почву.

Лизиметрический метод исследования позволяет с помощью специальных сооружений изучать процесс просачивания воды и растворенных в ней питательных веществ через определенный слой почвы. Кроме того, с помощью лизиметров можно глубоко изучить естественное плодородие различных типов почв, транспирационные коэффициенты растений, изменение плодородия почв в результате применения удобрений, потери питательных веществ в газообразном состоянии.

Впервые лизиметрический метод исследования применил англ. химик Джон Дальтон (1766-1844) при изучении распределения атмосферных осадков и их влияния на грунтовые воды.

Термин «лизиметр» - в пер. с греческого означает «растворение». Само сооружение, устройство, прибор, с помощью которого учитывают количество просочившейся воды и питательных веществ, называют *лизиметром*.

В России первые лизиметры были сооружены и использованы при изучении количества и химического состава фильтрующихся вод (Вильямс, 1900; Ключев, 1900; Бараков, 1903).

Расположение лизиметров и дополнительные устройства к ним должны отвечать следующим основным требованиям:

1. Возможность вести наблюдения в условиях, близких к окружающей природной обстановке, поэтому лизиметры вкапывают в грунт, уровень почвы в них должен совпадать с поверхностью окружающей местности.
2. Для проведения сравнительных исследований, получения достоверных данных, опыты в них должны проводиться в нескольких повторениях, а поэтому нужно иметь несколько лизиметров, которые располагают группами, чаще всего в два ряда с определенным расстоянием между ними.
3. Для сбора стекающих вод на дне лизиметра должны находиться дренаж и трубопроводы с выводом и подземный коридор, где находятся приемники. Коридор должен иметь естественное освещение, позволяющее вести наблюдения днем и ночью. Подземное помещение должно быть изолировано, чтобы избежать попадания воды и резких колебаний температур.
4. В зависимости от цели работы опыты могут проводиться как в парующих лизиметрах, так и в занятых растениями.

5. Для учета атмосферных осадков рядом с лизиметрами устанавливают дождемер.
6. Лизиметры устанавливают недалеко от лаборатории, чтобы избежать перевозок больших объемов жидкости и обеспечить срочное проведение химических исследований.

По способу наполнения почвой лизиметры подразделяют на два основных типа: с почвой естественного строения и лизиметры с насыпной почвой. В первом случае в лизиметры берут почву с сохранением всех или большинства генетических горизонтов, во втором – почву после просеивания набивают в лизиметры послойно с сохранением генетической последовательности горизонтов.

В литературе имеются сведения, что при использовании насыпной почвы в лизиметрах естественное строение нарушается. Приводятся данные, указывающие на разницу в фильтрационных характеристиках насыпных почв и монолитов. Так, в насыпных вариантах почв снижается величина стока (фильтрации), что связывают с тем, что в монолитах нарушена сложившаяся система влагопроводящих пор.

В.Г. Минеев с соавторами полагают, что насыпные почвы требуют времени для усадки и стабилизации свойств почвенного профиля: плотности, агрегатного состава, порозности, влагопроводности и др.

Количество просачивающейся влаги через почвенный монолит зависит от: 1) способа наполнения лизиметра: просачивание идет интенсивнее в почвах, сохранивших естественное строение, так как в насыпных лизиметрах почва уплотняется; 2) свойств почвы (чем она мелкоземистее, тем меньше просачивание); 3) количества осадков и характера их распределения во времени (много осадков за короткий отрезок времени обуславливает более сильное просачивание); 4) температуры воздуха и почвы (чем выше температура, тем больше испарение и тем меньше просачивание); 5) наличия растений. В лизиметрах, занятых растениями, просачивание меньше, чем в парующих вследствие транспирации влаги растениями.

Принцип лизиметрического исследования применяют в лабораторных условиях для установления закономерностей передвижения воды и растворенных в ней веществ через определенный слой почвы, торфа, при изучении водонепроницаемости почв, скорости фильтрации почв в зависимости от различных факторов для выявления закономерностей передвижения удобрений и других веществ в почве; детально выявить закономерности движения в почвах загрязняющих техногенных сбросов.



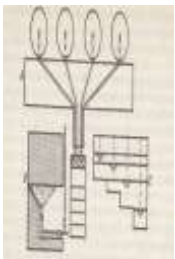
Лизиметрический метод используется в почвоведении эффективно, что связано с возможностью с высокой точностью исследовать не только свойства почв, но и почвенные процессы в условиях, максимально приближенных к

естественным. Более того, он дает возможность моделировать результаты антропогенного воздействия на почвенные процессы.

Единой конструкции даже в пределах отдельного типа и единой схемы проведения лизиметрических исследований не существует, каждый эксперимент индивидуален. Нормативным документом ГОСТ 17.4.3.01-83 определен только размер монолита: «Монолиты следует отбирать объемом не менее 100 см³».

По особенностям конструкции лизиметры бывают бетонные, кирпичные, металлические, пластмассовые, лизиметрические воронки, колонки и др. (Таблица 1):

Таблица 1- Виды лизиметров

Вид лизиметра	Изображение	Назначение
Бетонные или кирпичные		Бетонные лизиметры пригодны для работы только с насыпной почвой. Площадь поверхности 1-2 и даже 4м ² . Их используют для постановки стационарных опытов с различными растениями, удобрениями и типами почв во многих научно-исследовательских учреждениях разных стран.
Металлические		Металлические лизиметры изготавливаются чаще из оцинкованной и других марок нержавеющей стали и могут быть любых форм и размеров. В качестве лизиметров можно использовать обычные хорошо очищенные, промытые и покрытые внутри специальным лаком бочки, освобожденные из под краски и других материалов. На рисунке показаны лизиметры, изготовленные из освобожденных от краски бочек.
Лизиметрические воронки		Особенностью таких лизиметров является то, что они могут устанавливаться в почвенную толщу в соответствии с генетическими горизонтами - тогда их встраивают на границах смены горизонтов, или, если того требуют задачи исследования, на разных глубинах. Их устанавливают, как правило, одновременно, соблюдая расстояние между ними по горизонтали не менее 1 метра, во избежание попадания фильтрационного раствора в соседний лизиметр. Наиболее известным вариантом являются воронки Эбермайера из оцинкованного железа, диаметром 50 и 25 см и высотой 5 см, которые устанавливали под исследуемый почвенный слой (изображено на рисунке).

Лизиметрический метод от вегетационного отличается тем, что исследование (изучение) жизни растений и свойств почвы проводится в поле, в специальных лизиметрах, в которых определенный объем почвы отгорожен со всех сторон от окружающей почвы (с боков и снизу).

Лизиметрические опыты используют в земледелии, мелиорации, почвоведении, агрометеорологии, физиологии, агрохимии и селекции для выяснения таких вопросов, как водный баланс под различными сельскохозяйственными культурами, вымывание и перемещение питательных веществ атмосферными

осадками и поливными водами, определение транспирационных коэффициентов в естественной обстановке и др.

Лизиметрический метод в агрохимии позволяет установить состав фильтрующихся вод, вести наблюдения за просачиванием атмосферных осадков, динамикой влажности почвы, определением (в природных условиях) транспирационных коэффициентов отдельных растений, изменением некоторых свойств почв под влиянием удобрений и т. д.

В настоящее время лизиметрические установки широко используются для различного рода исследований - агрохимических, гидрологических, экологических, генетических.

Вопросы для самоконтроля

1. Значение лизиметрического метода в агрохимии.
2. Конструкция лизиметров.
3. Какие требования предъявляют к лизиметрам.
4. В чем сходство и различие полевых и лизиметрических опытов?
5. Какие требования предъявляют к почвам, используемым в лизиметрах?
6. Как складывается водный баланс в лизиметрах?
7. Как передвигаются катионы и анионы удобрений в лизиметрах?
8. Как используют результаты лизиметрических опытов при составлении системы удобрения?

4. ЛАБОРАТОРНЫЙ МЕТОД АГРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лабораторные методы включают химический анализ растений, почв и удобрений. Сопровождая полевые, вегетационные и лизиметрические опыты, они позволяют установить влияние удобрений на показатели качества, а также досконально изучить процессы, происходящие в почве и растениях, и выяснить причины положительного или отрицательного действия удобрений на урожайность растений и качество сельскохозяйственной продукции.

Проводятся в лабораторных условиях без опытных растений. Например, надо изучить, как изменяется содержание доступной растениям воды в почве в связи с изменением ее плотности или как будет изменяться кислотность почвы при внесении различного количества извести. В подобных опытах растения не участвуют, поэтому они и называются лабораторными, а не вегетационными.

Лабораторные методы делятся на *химические, физические, физико-химические, микробиологические* и др. Они сопровождают полевые, вегетационные и лизиметрические опыты и позволяют глубже вскрыть причину эффективного и негативного действия изучаемого фактора, в том числе удобрения, на рост, развитие, урожайность растений, качество сельскохозяйственной продукции, окружающую среду. Без лабораторных анализов полевые, вегетационные и лизиметрические опыты считаются незаконченными, так как не вскрывают суть процессов, происходящих в почве и растении, влияющих на урожайность и качество продукции.

С помощью химического анализа почвы в лаборатории определяют обеспеченность различных почв питательными элементами в зависимости от предшественника, обработки почвы, системы удобрений. Определяя содержание макро- и микроэлементов в растениях, массу растений и проводя расчеты, получают информацию о выносе из почвы питательных элементов теми или иными культурами.

Прежде чем приступить к выполнению лабораторных работ, необходимо ознакомиться с правилами техники безопасности при работе в агрохимической лаборатории, внимательно изучить ход аналитической работы, химическую посуду, лабораторное оборудование и приборы, необходимые для выполнения данной работы, и с порядком записи в тетрадях. Работать в лаборатории нужно в *халатах*, а при выполнении некоторых работ и в *перчатках*.

Выполнение лабораторной работы - есть определенная последовательность действий:

- подготовка к эксперименту;
- проведение измерений;
- обработка полученных результатов;
- формулировка выводов и написание отчета.

Лабораторные работы - это важнейшая форма самостоятельной работы студентов в учебное время для приобретения новых знаний.

Цель лабораторных работ - приобретение новых знаний, изучение нового материала. Отчеты по лабораторным работам студенты могут выполнять в рабочей тетради.

4.1. Химическая посуда

В химической лаборатории для анализа применяют специальную посуду, отличающуюся химической стойкостью или устойчивостью при нагревании до высокой температуры. Ее изготавливают из обычного стекла, фарфора и других огнеупорных материалов (рисунок 2, рисунок 3).

Перед началом работы убедитесь, что необходимая посуда, оборудование, реактивы и приборы имеются в наличии. Посуда, используемая в анализе должна быть чистой, без трещин и сколов.

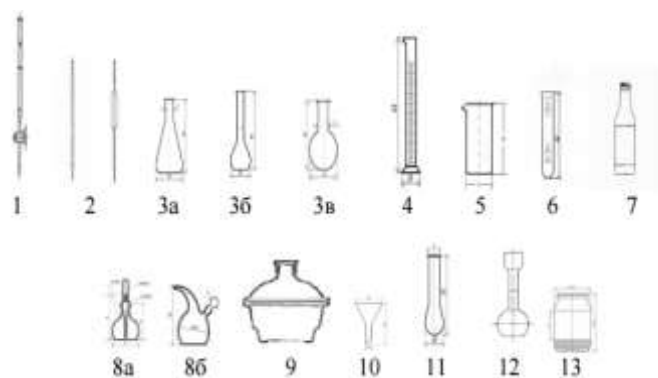


Рисунок 2 - Посуда из стекла.

1 – бюретка; 2 – пипетки; 3 – колбы: а) коническая, б) мерная, в) для фильтрования; 4 – мерный цилиндр; 5 – химический стаканчик; 6 – пробирка; 7 – бутылка; 8 – капельницы: а) с пипеткой, б) с «клювиком»; 9 – эксикатор; 10 – стеклянная воронка; 11 – колба Кьельдаля; 12 – колба Кольрауша; 13 – банка.

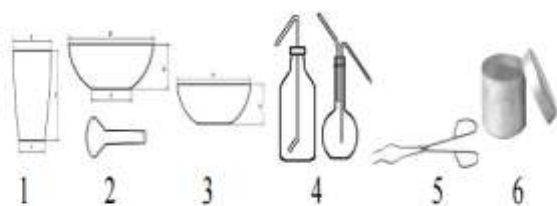


Рисунок 3 - Посуда из фарфора, других веществ и оборудование.

1 – тигель; 2 – ступка с пестиком; 3 – чаша для выпаривания и взвешивания; 4 – промывалки; 5- тигельные щипцы; 6 – бюкс.

4.2. Химический анализ агрономических объектов

1. *Агрохимический анализ растений* проводят в целях:

- оценки качества урожая сельскохозяйственных культур, сертификации продукции растениеводства и кормов;

- оценки изменений химического состава, питательной, кормовой и технологической ценности растениеводческой продукции в зависимости от условий выращивания, в том числе применения удобрений;

- определения размеров выноса элементов питания с урожаем и динамики их потребления в течение вегетации;

- диагностики питания растений и определения потребности в удобрениях;

- изучения использования культурами питательных элементов из удобрений.

2. *Агрохимический анализ почв* позволяет:

- оценить обеспеченность растений элементами питания и, следовательно, потребность в удобрениях;

- осуществить мониторинг плодородия и сертификацию почв земельных участков и грунтов;

- изучить свойства почв, которые определяют принципиальные положения применения удобрений и проведения химической мелиорации, такие, как поглощательная способность, реакция почвенной среды и буферность (т. е. способность противостоять изменению реакции), засоленность и т. д.;

- выявлять изменения содержания питательных веществ в почве и их доступности растениям в зависимости от приемов возделывания и применения удобрений;

- изучать взаимодействие удобрений с почвой.

3. *Агрохимический анализ удобрений* дает возможность:

- оценить качество местных органических удобрений и его изменение в зависимости от условий накопления, хранения и применения;

- определить содержание действующего вещества в минеральных удобрениях и мелиорирующих материалах для проверки их соответствия установленным стандартам и требованиям;

- установить агроэкологическую безопасность органических удобрений, производить сертификацию минеральных удобрений;

- определить доступность питательных веществ из удобрений и изучить процессы их превращения в почве.

Агрохимический анализ растений, почв и удобрений позволяет изучить баланс питательных веществ в земледелии и дать научное обоснование регулированию питания сельскохозяйственных культур с помощью удобрений.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие необходимо знать требования безопасности при проведении лабораторных работ?
2. Значение лабораторного метода для агрохимических исследований?
3. Какую посуду используют при проведении лабораторных работ?
4. Что позволяет изучить и установить лабораторный метод?
5. Последовательность выполнения лабораторного анализа агрономических объектов.
6. Применение лабораторных методов исследований?

5. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТА

Дисперсия - степень варьирования, изменчивости, рассеяния какой-либо величины (частное от деления суммы квадратов отклонения на число степеней свободы).

Дисперсионный анализ разработан и введен в практику сельскохозяйственных и биологических исследований английским ученым Р.А. Фишером, который открыл закон распределения отношения средних квадратов (дисперсий):

$$\frac{\text{средний квадрат выборочных средних}}{\text{средний квадрат объектов}} = \frac{s_1^2}{s_2^2} = F$$

Дисперсионный анализ широко используется для планирования эксперимента и статистической обработки его данных. Если в недалеком прошлом считали, что роль математики состоит лишь в анализе экспериментальных данных, то работы Р.А.Фишера коренным образом изменили эту точку зрения, и в настоящее время статистическое планирование опыта в соответствии с требованиями дисперсионного анализа и математическая интерпретация результатов – неперенные условия успешного получения ответов на вопросы, интересующие экспериментатора. Статистически обоснованный план эксперимента определяет и метод математического анализа результатов. Поэтому современный эксперимент нельзя правильно спланировать, не зная основ дисперсионного анализа.

Основная *цель анализа* заключается в раскрытии смысла результатов эксперимента, т.е. в определении точности и достоверности исследований. В настоящее время предложено много модификаций метода Р.А. Фишера. В нашей стране наиболее распространены модификации В.Н. Перегудова и Б.А. Доспехова.

В основе дисперсионного анализа (вариации) лежит предположение, что опыт достоверен тогда, когда рассеяние между вариантами (колебания урожайности) больше, чем между повторностями одного варианта. Если изменения урожайности по делянкам от случайных причин превышают изменения, вызываемые факторами, изучаемыми в опыте (виды, формы и дозы удобрений), то такой опыт считается *недостоверным*. Дисперсионный анализ позволяет экспериментатору определить степень влияния факторов в отдельности и суммарного их воздействия на изменчивость изучаемого признака. В опытах с удобрениями таким признаком является урожайность.

В опытах с удобрениями применяют не менее трех повторений и всегда высчитывают среднее из них.

В полевых опытах изменчивость поделаночных урожаев обусловлена тремя факторами (причинами):

- действием изучаемого фактора (удобрения) – рассеяние по вариантам;
- плодородием почвы каждого повторения – рассеяние по повторностям;
- случайными причинами (неточность измерений, неравномерность посевов).

Таким образом, на результатах любого сельскохозяйственного опыта помимо изучаемого фактора сказываются пестрота почвенного плодородия, неоднородность действия агротехнических приемов, индивидуальные особенности растений, а также ошибки, возникающие при использовании несовершенных измерительных приборов, машин и техники.

При проведении полевых и вегетационных опытов с удобрениями всегда наблюдается варьирование урожаев параллельных делянок и вегетационных сосудов одноименных вариантов. Причиной такого варьирования являются разного рода ошибки. Различают случайные, систематические и грубые ошибки.

Случайные ошибки – это ошибки, возникающие в результате неоднородности почвенного плодородия, индивидуальной изменчивости растений, случайных механических повреждений растений, поражения растений болезнями. Таких ошибок полностью избежать не удастся; при соблюдении всех агротехнических приемов и требований при постановке опыта их можно свести к минимуму.

Систематические ошибки – в полевом опыте обусловлены различным плодородием почвы опытного участка. Они завышают или занижают урожайность. Различают три типа систематической ошибки: сплошная (захватывает все варианты всех повторений опыта); захватывающая все варианты одного или нескольких повторений; затрагивающая лишь некоторые варианты.

При сплошной систематической ошибке сравнимость результатов не нарушается, хотя сами результаты получаются завышенными или заниженными.

Второй вид систематической ошибки определяется различным плодородием почвы разных повторений опыта, при статистической обработке исключается из общего варьирования.

Систематическая ошибка третьего вида нарушает сравнимость вариантов, делает результаты опыта недостоверными.

Для того, чтобы избежать систематической ошибки, необходимо детальное почвенное и агрохимическое обследование участка, проведение уравнительных на новом месте) и рекогносцировочных (после применения хим. препаратов) посевов.

Грубые ошибки – возникают в результате нарушения основных требований к полевому опыту. Примером грубой ошибки могут служить внесение на делянку неверно рассчитанной дозы удобрений или внесение удобрений дважды на одну делянку, высев на делянке семян другого сорта и т.д. Такие допущенные ошибки устранить нельзя, испорченные делянки исключают из опыта, в агрономическую и математическую обработку результаты не вносят.

Дисперсионный анализ быстро вошёл в употребление при обработке экспериментальных данных благодаря следующим основным преимуществам его перед методом попарных сравнений по t -критерию Стьюдента:

1) вместо индивидуальных ошибок, средних по каждому варианту, в дисперсионном анализе используется обобщенная ошибка средних, которая опирается на большее число наблюдений и, следовательно, является более надежной базой для оценок;

2) методом дисперсионного анализа можно обрабатывать данные простых и сложных, однолетних и многолетних, однофакторных и многофакторных опытов;

3) дисперсионный анализ позволяет избежать громоздких вычислений при большом числе вариантов в опыте и позволяет компактно в виде существенных разностей представить итоги статистической обработки.

Дисперсионный анализ невозможен для простых вегетационных опытов, проведенных без повторностей. Минимум повторностей – две, однако в этом случае, особенно в полевых опытах, получаются большие ошибки и статистически не доказываются даже значительные эффекты вариантов. Поэтому однофакторные опыты проводят обычно в 4-6-кратной повторности.

5.1. Виды дисперсионного анализа

Дисперсионный анализ схематически можно подразделить на несколько категорий. Это деление осуществляется, смотря по тому, сколько, во-первых, факторов принимает участие в рассмотрении, во-вторых, - сколько переменных подвержены действию факторов, и, в-третьих, - по тому, как соотносятся друг с другом выборки значений.

При наличии одного фактора, влияние которого исследуется, дисперсионный анализ именуется *однофакторным*.

В случае если исследуется одновременное воздействие двух или более факторов, мы имеем дело с *многофакторным дисперсионным анализом*, который также можно подразделить по типу выборки. Если же воздействию факторов подвержено несколько переменных, - речь идет о многомерном анализе.

5.1.1. Однофакторный дисперсионный анализ

Однофакторный дисперсионный анализ используется для сравнения средних значений для трех и более выборок. Фактором называется независимая переменная, влияние которой изучается на зависимую переменную.

Анализ основан на расчете F – статистики (статистика Фишера), которая представляет собой отношение двух дисперсий: межгрупповой и внутригрупповой. F – тест в однофакторном дисперсионном анализе устанавливает, значимо ли отличаются средние нескольких независимых выборок. Он заменяет t – тест для независимых выборок при наличии более двух выборок и дает тот же результат в случае двух выборок.

*Процедура выполнения однофакторного дисперсионного анализа
данных полевого опыта*

Пример. Провести дисперсионный анализ данных опыта с люпином узко-листным по изучению действия различных форм удобрений (NPK) на выход сырого белка (кг/га) (таблица 1). Установить, значимо ли различие в действии форм этих удобрений.

Таблица 1 - Выход сырого белка, кг/га

Вариант	Повторность, X				Среднее
	1	2	3	4	
Контроль	530	670	630	590	605
N20K90	690	595	705	630	655
N20K90Pс45	640	780	745	675	710
N20K90Pф45	760	675	700	625	690

1. Составляется исходная таблица, находится сумма по вариантам, общая сумма X и среднее по вариантам. Правильность расчетов проверяется по равенству $\sum X = \sum V = \sum P =$

	Повторность, X				Сумма по вариантам, V	Среднее
	1	2	3	4		
1	530	670	630	590	2420	605
2	690	595	705	630	2620	655
3	640	780	745	675	2840	710
4	760	675	700	625	2760	690
Сумма P	2620	2720	2780	2520	10640	
Сумма P^2	6864400	7398400	7728400	6350400	28341600	

2. Рассчитывается сумма квадратов отклонений: общая, повторений, вариантов и остатка

Вариант	Повторность, X^2				Сумма по вариантам, V^2	Общая сумма по вариантам, V^2
	1	2	3	4		
1	280900	448900	396900	348100	5856400	28404000
2	476100	354025	497025	396900	6864400	
3	409600	608400	555025	455625	8065600	
4	577600	455625	490000	390625	7617600	
Сумма X^2	1744200	1866950	1938950	1591250		
Общая сумма X^2	7141350					

Число вариантов, l	4
Число повторностей, n	4
Общее число наблюдений, $N = l \cdot n$	16
Корректирующий фактор, $Cy = (\sum X)^2 / N$	7075600
Суммы квадратов отклонений:	
общая $Cy = \sum X^2 - C$	65750
повторений $Cp = \sum P^2 / l - C$	9800
вариантов $Cv = \sum V^2 / n - C$	25400
остаток $Cz = Cy - Cp - Cv$	30550

3. Составляется таблица дисперсионного анализа

Таблица дисперсионного анализа						
Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат, S^2	Fф	F_{05}	F_{01}
Общая	65750	15				
Повторений	9800	3				
Вариантов	25400	3	8466,67	2,49427	3,86	6,99
Остаток	30550	9	3394,44			
Ошибка опыта $Sx = \sqrt{(S^2_z / n)}$						29,13
Ошибка разности $Sd = \sqrt{(2S^2_z / n)}$						41,20
$HCP_{0,5} = t_{0,5} \cdot Sd$						93,11
$HCP_{0,1} = t_{0,1} \cdot Sd$						133,89

Расчленяются степени свободы, определяются дисперсии по вариантам и остатку, оценивается существенность различий в опыте по критерию F (проверка нулевой гипотезы). Значение критерия F_{05} находится по таблице Приложения Б для 3 степеней свободы дисперсии вариантов (числитель) и для 9 – дисперсии ошибки (знаменатель). Теоретическое значение критерия $t_{0,5}=2,26$ находится по таблице Приложения А для 9 степеней свободы остатка. В опыте есть существенные различия между вариантами.

Вывод: таким образом, существенное повышение выхода сырого белка по отношению к контролю отмечается только в варианте N20K90Pc45.

5.1.2. Двухфакторный дисперсионный анализ

Дисперсионный анализ может также применяться в случае двух переменных - это *двухфакторный дисперсионный анализ*.

При применении двухфакторного дисперсионного анализа исследователь проверяет влияние двух независимых переменных (факторов) на зависимую переменную. Может быть изучен также эффект взаимодействия двух переменных:

Процедура выполнения двухфакторного дисперсионного анализа данных двухфакторного опыта, проведенного методом рендомизированных повторений

Пример. В двухфакторном опыте 3X4 изучено действие трёх фосфатных агрофонов (естественном и двух искусственно созданных) и различных форм удобрений (NPK) на высоту растений люпина узколистного к уборке. Провести дисперсионный анализ данных.

1. Составляется исходная таблица, находятся сумма по вариантам, повторениям, общая сумма X и среднее по вариантам. Осуществляется проверка правильности расчетов по равенству $\sum X = \sum V = \sum P =$

Агрофон (А)	Вариант (В)	Повторность, X				Сумма по вариантам, V	Среднее
		1	2	3	4		
(I)Содер- жание P ₂ O ₅ в почве – 85 мг/кг	Контроль	55	58	57	55,5	225,6	56,4
	N20K90	60	57	58	59,7	234,8	58,7
	N20K90Pc45	59	61	60	63,0	243,4	60,9
	N20K90Pф45	63	60	62	61,0	246,4	61,6
(II)Содер- жение P ₂ O ₅ в почве – 140 мг/кг	Контроль	57	60	58	59,6	235,1	58,8
	N20K90	64	60	63	61,5	248,4	62,1
	N20K90Pc45	66	62	64	65,1	257,3	64,3
	N20K90Pф45	62	66	63	64,5	254,7	63,7
(III)Содер- жение P ₂ O ₅ в почве – 200 мг/кг	Контроль	56	60	58	58,6	233,1	58,275
	N20K90	65	60	63	61,5	248,9	62,225
	N20K90Pc45	65	62	64	65,1	255,3	63,825
	N20K90Pф45	62	66	60	63,6	251,6	62,9
Сумма P		733	733	731	738,7	2934,6	
Сумма P ²		536556	536702	534068	545677		
Общая сумма P ²		2153005					

Таблица квадратов

Агро-фон (А)	Вариант (В)	Повторения, X^2				Сумма по вариан- там, V^2
		1	2	3	4	
I	1	3003	3376	3272	3080	50895,36
	2	3636	3238	3352	3564	55131,04
	3	3469	3758	3624	3969	59243,56
	4	3956	3624	3881	3721	60712,96
II	1	3249	3636	3387	3552	55272,01
	2	4096	3600	3956	3782	61702,56
	3	4369	3894	4058	4238	66203,29
	4	3782	4290	3994	4160	64872,09
III	1	3136	3636	3387	3434	54335,61
	2	4160	3600	3956	3782	61951,21
	3	4173	3832	4058	4238	65178,09
	4	3832	4317	3648	4045	63302,56
Суммы X^2		44862	44799	44575	45566	718800,34
Общая сумма X^2		179802				

2. Рассчитывается:

Число вариантов, l_A	3
Число вариантов, l_B	4
Число повторностей, n	4
Общее число наблюдений, $N = l_A \cdot l_B \cdot n$	48
Корректирующий фактор, $Cy = (\sum X)^2 / N$	179414
Суммы квадратов отклонений:	
общая $Cy = \sum X^2 - C$	388
повторений $Cp = \sum P^2 / (l_A \cdot l_B) - C$	3
вариантов $Cv = \sum V^2 / n - C$	286
остаток $Cz = Cy - Cp - Cv$	99

3. Составляется таблица дисперсионного анализа, расчленяются степени свободы, определяются дисперсии по вариантам и остатку, оценивается существенность различий в опыте по критерию F (проверка нулевой гипотезы).

Таблица дисперсионного анализа						
Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат, S^2		Fф	F ₀₅
Общая	388	47				
Повторений	3	3				
Вариантов	286	11	26	9		
Остаток	99	33	3			

4. Расчленяется сумма квадратов отклонений по вариантам (C_v) на соответствующие виды вариации, обусловленные действием обработки (фактор А), удобрений (фактор В) и их взаимодействия (АВ)

Таблица сумм квадратов для факторов А, В и взаимодействия факторов АВ

Агрофон (А)	Вариант (В)				Сумма А	Общая сумма А	Сумма А ²	Общая сумма А ²
	1	2	3	4				
I	225,6	234,8	243,4	246,4	950,2	2934,6	902880	2871824
II	235,1	248,4	257,3	254,7	995,5		991020	
III	233,1	248,9	255,3	251,6	988,9		977923	
Сумма В	693,8	732,1	756	752,7				
Общая сумма В	2934,6							
Сумма В ²	481358	535970	571536	566557				
Общая сумма В ²	2155422							
Cv = C _A +C _B +C _{AB}			285,978					
C _A = ∑A ² /(l _B ·n) - C			74,861					
C _B = ∑B ² /(l _A ·n) - C			204,404					
C _{AB} = Cv-C _A -C _B			6,712					

5. Составляется сводная таблица дисперсионного анализа, расчленяются степени свободы, определяются дисперсии по факторам А, В, взаимодействию АВ и остатку, оценивается существенность действия и взаимодействия в опыте факторов по критерию F.

Сводная таблица дисперсионного анализа

Дисперсия	Суммы квадратов	Степени свободы	Средний квадрат, S^2	Fф	$F_{0,5}$	$F_{0,1}$
Общая	388	47				
Повторений	3	3				
фактор А	75	2	37	12	3,39	5,39
фактор В	204	3	68	23	2,92	4,51
Взаимодействие АВ	7	6	1	0,4	2,42	3,47
Остаток	99	33	3			
Ошибка опыта $S_x = \sqrt{(S^2_z / n)}$				0,87		
Ошибка разности $S_d = \sqrt{(2S^2_z / n)}$				1,23		
$HCP_{0,5} = t_{0,5} \cdot S_d$				2,50		
$HCP_{0,1} = t_{0,1} \cdot S_d$				3,37		

Значения $F_{0,5}$ и $F_{0,1}$ берутся из таблицы приложений с учетом числа степеней свободы дисперсий факторов $A(l_A - 1)$, $B(l_B - 1)$, $AB(l_A - 1)(l_B - 1)$ - числитель и степеней свободы остатка $V_y = V_p - V_A - V_B - V_{AB}$ - знаменатель.

6. Статистический расчет характеристик для оценки существенности главных эффектов и их взаимодействия:

Для фактора А:	
$Sd = \sqrt{(2S^2z / (l_B \cdot n))}$	0,61
$HCP_{0,5} = t_{0,5} \cdot Sd$	1,25
$HCP_{0,1} = t_{0,1} \cdot Sd$	1,69
Для фактора В и взаимодействия АВ:	
$Sd = \sqrt{(2S^2z / (l_A \cdot n))}$	0,71
$HCP_{0,5} = t_{0,5} \cdot Sd$	1,44
$HCP_{0,1} = t_{0,1} \cdot Sd$	1,95

7. Итоговая таблица дисперсионного анализа совместного влияния удобрений и агрофона на высоту растений

Агрофон, А		Дозы удобрений, В				Среднее по фактору А	НСР _{0,5}	НСР _{0,1}
		1	2	3	4			
I		56	59	61	62	59	1,25	1,69
II		59	62	64	64	62		
III		58	62	64	63	62		
Среднее по фактору В		58	61	63	63			
НСР _{0,5}	НСР _{0,1}							
1,44	1,95							

Вывод:.....

5.2. Корреляционно-регрессионный анализ в агрохимических исследованиях

В агрономических исследованиях редко приходится иметь дело с точными и определенными функциональными связями, когда каждому значению одной величины соответствует строго определенное значение другой величины.

В научных исследованиях экспериментатор сталкивается с двумя видами связей изучаемых явлений: *функциональными* и *корреляционными*.

Принято называть значения:

х - независимая переменная, аргумента;

у – зависимая переменная, функция, результативный признак.

Функциональными называются связи, когда каждому значению одной величины х соответствует строго определенное значение другой величины у. Но чаще встречаются такие связи, когда каждому значению признака соответствует множество значений у, в том числе и одинаковым. Такие связи называются корреляционными (латинское слово correlatio – соотношение).

5.2.1. Виды корреляции и регрессии

Для установления тесноты зависимости между признаками в математической статистике разработаны специальные методы, позволяющие определить силу и форму связи. Это корреляционный и регрессионный анализы.

Корреляционный анализ определяет направление и степень связи признаков. Регрессионный анализ устанавливает количественное изменение функции y при изменении x на единицу измерения.

По форме корреляция может быть линейная и криволинейная, по направлению прямая и обратная, положительная и отрицательная. Под линейной (прямолинейной) корреляционной зависимостью между двумя признаками x и y понимают такую зависимость, которая носит линейный характер и выражается уравнением прямой линии $y = a + bx$. Линейная регрессия y на x показывает, как изменяется в среднем величина y при изменении величины x . Если при увеличении x величина y в среднем увеличивается, то корреляция и регрессия называется положительной или прямой, а если с увеличением x значение y в среднем уменьшается – отрицательной, или обратной.

Здесь чаще встречаются такие соотношения между переменными, когда каждому значению признака X соответствует не одно, а множество возможных значений признака Y , т.е. их распределение. Такие связи, обнаруживаемые лишь при массовом изучении признаков, в отличие от функциональных называются *стохастическими* (вероятностными) или *корреляционными*.

При изучении корреляционных связей возникают два основных вопроса – о тесноте связи и о форме связи. Для измерения тесноты и формы связи используют специальные статистические методы, называемые *корреляцией* и *регрессией*.

По форме корреляция может быть *линейной* и *криволинейной*, по направлению *прямой* и *обратной*. Корреляцию и регрессию называют *простой*, если исследуется связь между двумя признаками, и *множественной*, когда изучается зависимость между тремя и более признаками.

Связь между функцией и аргументом выражается *уравнением регрессии* или *корреляционным уравнением*. При простой регрессии уравнение кратко обозначается $Y=f(X)$ и при множественной $Y=f(X,Z,V\dots)$.

Процедура выполнения корреляционно-регрессионного анализа

Пример. Известна урожайность (Y , т/га) и содержание сырого белка в люпине узколистном (X , кг/га):

x	430	455	448	475	512	520	570	596	624	690
y	1,54	1,73	1,62	1,84	1,94	1,98	2,02	2,11	2,13	2,25

1. Составляется таблица для расчета вспомогательных величин при определении корреляции и регрессии по X по способу произведений:

Номер пары	Значение признака		X^2	y^2	XY
	x	y			
1	430	1,54	184900	2,37	662,2
2	455	1,73	207025	2,99	787,2
3	448	1,62	200704	2,62	725,8
4	475	1,84	225625	3,39	874,0
5	512	1,94	262144	3,76	993,3
6	520	1,98	270400	3,92	1029,6
7	570	2,02	324900	4,08	1151,4
8	596	2,11	355216	4,45	1257,6
9	624	2,13	389376	4,54	1329,1
10	690	2,25	476100	5,06	1552,5
Сумма	$\Sigma X =$	$\Sigma Y =$	$\Sigma X^2 =$	$\Sigma Y^2 =$	$\Sigma XY =$
	5320	19,16	2896390	37,19	10362,6

Определяется:	
n	10
$\bar{x} = \Sigma X : n =$	532
$\bar{y} = \Sigma Y : n =$	1,92
Сумма квадратов отклонений по ряду X и Y:	
$\Sigma(X - \bar{x})^2 = \Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n} =$	66150
$\Sigma(Y - \bar{y})^2 = \Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n} =$	0,48

2. Определяется коэффициент корреляции, регрессии и уравнения регрессии:

$$r = \frac{\Sigma XY - \frac{\Sigma X \cdot \Sigma Y}{n}}{\sqrt{[\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n}] \cdot [\Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n}]}} = 0,95 \quad \text{или} \quad r = \frac{\Sigma(X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma(X - \bar{x})^2 \cdot \Sigma(Y - \bar{y})^2}} = 0,95$$

$$\Sigma(X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y}) = \Sigma XY - (\Sigma X \Sigma Y) : n = 169,45$$

$$e_{yx} = \frac{\Sigma(X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{\Sigma(X - \bar{x})^2} = 0,003; \quad y = \bar{y} + e_{yx}(X - \bar{x}) = 1,92 + 0,003(X - 532) = 0,003X + 0,32;$$

$$y = 0,003X + 0,32;$$

3. Вычисляются ошибки и критерии значимости коэффициентов корреляции и регрессии:

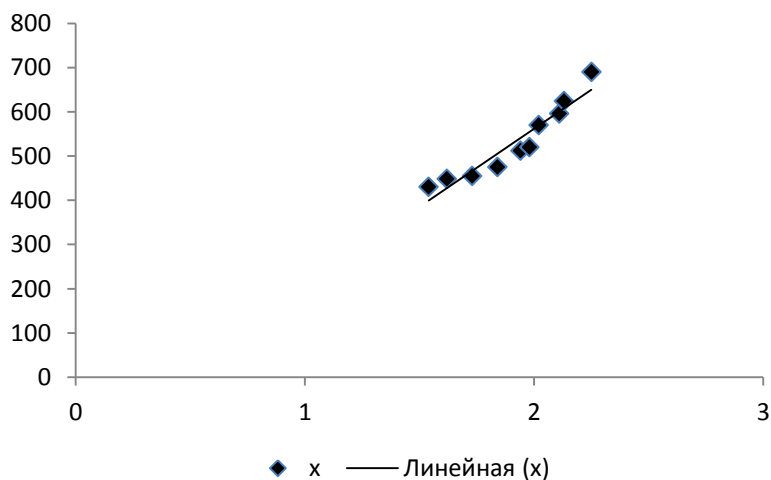
$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = 0,11;$	$t_r = \frac{r}{S_r} = 8,7$
$S_{byx} = S_r \sqrt{\frac{\sum(Y-\hat{y})^2}{\sum(X-\hat{x})^2}} = 0,0003;$	$t_r = \frac{b_{yx}}{S_{byx}} = 8,7$
$S_{yx} = S_r \sqrt{\sum(Y-\hat{y})^2} = 0,08;$	при $v = n-2=8$
$d_{yx} = r^2 = 0,9;$	$t_{05} = 2,31; \quad t_{01} = 3,36$

4. Определяются значения Y для экстремальных величин X (X_{\max} и X_{\min}) и строим теоретическую линию регрессии Y по X :

$$y_{\max} = \hat{y} + e_{yx} (X_{\max} - \bar{x}) = 2,32; \quad X_{\max} = 690$$

$$y_{\min} = \hat{y} + e_{yx} (X_{\min} - \bar{x}) = 2,15; \quad X_{\min} = 430$$

5. Строится точечный график и теоретическая линия регрессии при линейной корреляции между выходом сырого белка и урожайностью люпина узколистного:



Выводы: корреляционная связь между изучаемыми величинами существует и она является прямой (линейной). Данная корреляционная связь является сильной, т.к. $r = 0,95$

Вопросы для самоконтроля

1. Какие ошибки сопровождают полевой опыт и как они влияют на точность опыта и достоверность результатов?
2. Что позволяет определить дисперсионный анализ?
3. Какие основные статистические характеристики получают в дисперсионном анализе?
4. Последовательность расчетов в дисперсионном анализе по Б.А. Доспехову.
5. Что такое корреляция и регрессия?
6. Какие вопросы решаются с их помощью?
7. Определение простой прямолинейной корреляционной связи?
8. Что такое индекс детерминации и как он определяется?

ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М., 1983. – 427 с.
2. Бараков, П.П. Лизиметры и их роль в изучении свойств почвы, обуславливающих ее плодородие / П.П. Бараков // Почвоведение, 1908. - №3. – т. X. – С. 173-284.
3. Васильев, И.П., Туликов, А.М., Баздырева, Г.И.. Практикум по земледелию. – М.: КолосС, 2005. – 424 с. - ISBN 5-9532-0141 - 9.
4. Вьюгин, С.М. Основы научных исследований в агрономии. Метод. указания к лабораторно-практическим занятиям. – Смоленск, 2005. – 91 с.
5. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 2003. – 523 с.
6. Дмитриев, Е.А. Математическая статистика в почвоведении / Е.А. Дмитриев. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 328 с. ISBN 978-5-397-00039-0.
7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос. - 1985. – 351 с.
8. Голубев, Б.А. Лизимитрические методы исследования в почвоведении и агрохимии. – М.: Наука, 1967. 110 с.
9. Кидин, В.В. Практикум по агрохимии / В.В. Кидин. – М.: КолосС, 2008. – 599 с.
10. Кобзаренко, В.И. Методика полевого и вегетационного опытов / В.И. Кобзаренко, В.Ф. Волобуева, И.В. Серегина, А.Ф. Слипчик, И.Н. Батура. – М.: МСХА, 2004. – 44 с.
11. Кремер, Н.Ш. Теория вероятности и математическая статистика / Н.Ш. Кремер. – М.: ЮнитиДана, 2002. - 343 с.
12. Маракаев, О.А., Титова О.В. Экологическая физиология растений: вегетационные опыты. Метод. указания / Ярослав. ун-т. Ярославль, 2003. 55 с.
13. Минеев, В.Г. Агрохимия: учебник / В. Г. Минеев. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС; М. : МГУ, 2004. - 719 с. – ISBN 5-9532-0253-9. - ISBN 5-211 -04795-8.
14. Минеев, В.Г. Практикум по агрохимии / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, О.А. Амелянчик, Т.Н. Большева, Н.Ф. Гомонова, Е.П. Дурынина, В.С. Егоров, Е.В. Егорова, Н.Л. Едемская, Е.А. Карпова, В.Г. Прижукова. - М.: Изд-во МГУ, 2001. — 689 с. - ISBN 5-211 -04265-4
15. Муха, В.Д. Агропочвоведение - М.: КолосС, 2004. – 528 с. - ISBN 5-9532-0047-1.
16. Нарушева, Е.А. Методы исследований в агрохимии: краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки 35.01.06 Сельское хозяйство // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – с. 91.
17. Пискунов, А.С. Методы агрохимических исследований / А.С. Пискунов. – М.: КолосС, 2004. – 312 с. - ISBN 5-9532-0145-1.

- 18.Попеляева, Н.Н. Основы научных исследований в агрономии. Лабораторно-практические и семинарские занятия (Методические рекомендации) /Н.Н.Попеляева. –Горно-Алтайск.РИО Горно-Алтайский госуниверситет,2007.- 57с.
- 19.Судницын, И.И. Перспективы использования лизиметров при изучении почвенных процессов // Почвоведение. 2008. № 10. С. 1279-1280.
- 20.Терпелец, В.И. Учебно-методическое пособие по агрофизическим и агрохимическим методам исследования почв / В.И. Терпелец, В.Н. Слюсарев. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 65с.
- 21.Шеуджен, А.Х. Агрохимия. Часть 1.1. История и методология агрохимии. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – 624 с.
- 22.Шеуджен, А.Х. Агрохимия. Часть 1.2. История и методология агрохимии. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – 655 с.
- 23.Щеглов, Д.И. Методы исследования физических свойств почв / Д.И. Щеглов, Ю.И. Дудкин, Х.А. Джувеликян. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2005. – 27 с.
- 24.Щеглов, Д.И. Физико-химические методы исследования почв / Д.И. Щеглов, Ю.И. Дудкин, Х.А. Джувеликян. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2007. – 31 с.
- 25.Ягодин, Б.А. Вегетационный метод исследования / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.Ф. Волобуева, О.Л. Янишевская. – М.: МСХА, 2007. – 71 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Значение t-критерия Стьюдента на 5%-ном уровне значимости

Число степеней свободы	Уровень значимости
	0,05
1	12,71
2	4,30
3	3,18
4	2,78
5	2,57
6	2,45
7	2,37
8	2,31
9	2,26
10	2,23
11	2,20
12	2,18
13	2,16
14	2,15
15	2,13
16	2,12
17	2,11
18	2,10
19	2,09
20	2,09
21	2,08
22	2,07
23	2,07
24	2,06
25	2,06
26	2,06
27	2,05
28	2,05
29	2,05
30	2,04
50	2,01
100	1,98
∞	1,96

Приложение Б

Значение критерия F на 5%-ном уровне значимости (вероятность 95%)

Степени свободы для меньшей дисперсии (знаменателя)	Степени свободы для большей дисперсии (числителя)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	50	100
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	249	252	253
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,38	19,39	19,41	19,45	19,47	19,49
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,78	8,74	8,64	8,58	8,56
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,77	5,70	5,66
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74	4,68	4,53	4,44	4,40
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,27	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,84	3,75	3,71
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63	3,57	3,41	3,32	3,28
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34	3,28	3,12	3,03	2,98
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,07	2,90	2,80	2,76
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97	2,91	2,74	2,64	2,59
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,86	2,79	2,61	2,50	2,45
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80	2,76	2,69	2,50	2,40	2,35
13	4,64	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,84	2,77	2,72	2,67	2,60	2,42	2,32	2,26
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,70	2,65	2,60	2,53	2,35	2,24	2,19
15	4,54	3,60	3,29	3,06	2,90	2,79	2,70	2,64	2,59	2,55	2,48	2,29	2,18	2,12
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,24	2,13	2,07
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,62	2,55	2,50	2,45	2,38	2,19	2,08	2,02
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,15	2,04	1,98
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,55	2,48	2,43	2,38	2,31	2,11	2,00	1,94
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,52	2,45	2,40	2,35	2,28	2,08	1,96	1,90
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25	2,05	1,93	1,87
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,47	2,40	2,35	2,30	2,23	2,03	1,91	1,84
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,45	2,38	2,32	2,28	2,20	2,00	1,88	1,82
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,43	2,36	2,30	2,26	2,18	1,98	1,86	1,80
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,41	2,34	2,25	2,24	2,16	1,96	1,84	1,77
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,15	1,95	1,82	1,76
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,36	2,29	2,24	2,19	2,12	1,91	1,78	1,72
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,34	2,27	2,21	2,12	2,09	1,89	1,76	1,69
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,07	2,00	1,79	1,66	1,59
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,02	1,95	1,74	1,60	1,52
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,30	2,19	2,10	2,03	1,97	1,92	1,85	1,63	1,48	1,39

Учебно - методическое издание

Виталий Николаевич Дышко
Виталий Витальевич Дышко
Павел Владимирович Романенко

Агрохимические методы исследований
Учебно-методическое пособие

Подписано в печать ____ ____ 201__ г. Формат 60x84/8.

Печ. л. 5,38 Тираж _____ экз.

Заказ № _____

ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА»
214000, Смоленск, ул. Б. Советская, 10/2