

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Агрономический факультет

Кафедра растениеводства и плодовоовощеводства

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине
«История и методология научной агрономии» для студентов
агрономического факультета направление подготовки 35.04.04 «Агрономия»,
35.04.03 «Агрохимия и агропочвоведение» (очной и заочной форм обучения)

Ф.И.О. студента _____

Казань, 2018

УДК 633/635 (07)

ББК 42.1

Составитель: доктор с.х. наук, профессор М. Ф. Амиров

Рецензенты: В. Н. Фомин – д-р с.-х. наук, профессор, проректор по научно-исследовательской работе, зав. кафедрой ресурсосберегающей технологии производства продукции сельского хозяйства и лесного комплекса ФГБОУ ДПОС «Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса»

Р. И. Сафин – д-р с.-х. наук, профессор, член-корр. АН РТ, зав. кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ»

Рассмотрена и рекомендована к печати на заседании кафедры растениеводства и плодовоовощеводства Казанского ГАУ протокол № 6 от 2 марта 2018 г.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к печати на заседании учебно-методической комиссии агрономического факультета Казанского ГАУ протокол № 7 от 12 марта 2018 г.

Методические указания предназначены для проведения практических занятий по дисциплине «История и методология научной агрономии» для студентов агрономического факультета направление подготовки 35.04.04 «Агрономия» и 35.04.03 «Агрохимия и агропочвоведение»

© Казанский государственный аграрный университет, 2018 г.

1. ИСТОКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ НАУЧНОЙ АГРОНОМИИ

Исследовательские программы эпохи открытия «законов земледелия». Классическое естествознание как методологическая матрица научной агрономии 19 и первой половины 20 столетия

Основные периоды развития естествознания: **Натурфилософия**

Эпоха Неолита X—IX тыс. до н.э. *Открытия:* Изобретена технология производства тканей и глиняной посуды; появились и совершенствовались первобытные транспортные средства (сани, лыжи, лодки); возникли сверление, шлифование, распиливание и другие операции совершенствованием техники обработки камня. *Значение:* Переход от присваивающей экономики к производящей, т.е. от охоты и собирательства к земледелию и скотоводству, люди стали меньше зависеть от природной среды, значительно повысилось общественное благосостояние.

Первые цивилизации Древнего Востока (IV-III тыс. до н.э.). *Открытия:* Развитие ирригационного земледелия; мифологическое сознание постепенно и медленно преобразовалось и преодолевалось рациональными формами (систематизация и логическое упорядочение мифов); совершенствовались формы картографии; выведено много новых пород животных и растений; заложена база современной аграрной культуры; были освоены новые массивы зоологических, ветеринарных знаний и навыков; отпочковывается медицина как относительно самостоятельная отрасль знаний и практических навыков; Создаются приемы санитарии и гигиены, появляются физиотерапевтические процедуры, массаж, иглотерапия, диетика, разрабатываются новые хирургические приемы и соответственно металлические хирургические инструменты (скальпель, щипцы и др.), развитие Астрономии и Астрологии в виде гороскопов; развитие математических знаний (расширяются пределы считаемых предметов формируются простейшие геометрические абстракции — прямой линии, угла, объема). *Значение:* Новый вид земледелия позволял собирать даже не один, а несколько богатых урожаев в год. Получение значительного избыточного продукта стало экономической предпосылкой быстрого развития социальных отношений, классовообразования, общественного разделения труда, возникновения специализированных ремесел (гончарного, ткацкого, кораблестроительного, металлургического, камнерезного и др.). Развитие критической функции мышления, самосознания, установки на

обоснование знания, становление всеобщих понятий, категорий мышления («бытие», «ничто», «пространство», «сущее», «несущее» и др.) выступили предпосылками развития генезиса естествознания.

Фалес Мелецкий (Представитель ионической натурфилософии и основатель милетской (ионийской) школы). *Взгляды:* Идея математического доказательства — это величайшее достижение древнегреческих мыслителей. Сформулировал проблему субстанции мира, и как математик, сформулировал идею математического доказательства. Фалесу приписывают доказательство следующих геометрических теорем: 1) круг делится диаметром пополам; 2) в равнобедренном треугольнике углы при основании равны; 3) при пересечении двух прямых образуемые ими вертикальные углы равны; 4) два треугольника равны, если два угла и одна сторона одного из них равны двум углам и соответствующей, стороне другого. Фалес считал, что началом всех вещей, их субстанцией (т.е. то, из чего возникают все вещи и во что они в конечном счете превращаются) является вода.

Пифагор (древнегреческий философ и математик, создатель религиозно-философской школы пифагорейцев.) *Взгляды:* Основное мировоззренческое положение — «все есть число». Мир целостен, гармоничен, в нем все взаимосвязано. В то же время «мир есть число», значит, все числа связаны между собой, а занятия математикой позволят эти связи установить, прояснить их логическими доказательствами. Были доказаны те положения, которые были получены в египетской и вавилонской математике, разработана теория пропорций, музыкальной теории (важнейшие гармонические интервалы могут быть получены при помощи отношений чисел 1, 2, 3 и 4). Введены арифметическая, геометрическая и гармоническая пропорции, гармоническое. Есть сведения о том, что еще Пифагор высказал идею шарообразности Земли. *Значение:* Философский смысл его состоял в крахе общей идеи гармоничности, цельности, стройности, пропорциональности, измеримости, организованности Космоса. Под сомнением оказалась сама идея о том, что «мир есть число». Мир не является многообразием качественно различных предметов, вещей, за таким качественным многообразием лежит количественное единство вещей. Каждая вещь и ее свойства имеют определенную меру, степень роста, изменчивости, насыщенности своих качеств.

Демокрит (древнегреческий философ, ученик Левкиппа, один из основателей атомистики). *Взгляды:* Демокрит исходил из безоговорочного признания истинного бытия существующим и существующим как многое. Он

убедительно показал, что мыслить бытие как многое, мыслить движение можно, если ввести понятие о неделимости элементарных оснований этого бытия — атомов. Бытие в собственном смысле этого слова — это атомы, которые движутся в пустоте (небытии). По Демокриту, мир в целом — это беспредельная пустота, начиная многими отдельными мирами. Земля — центр нашего мира, на краю которого находятся звезды. Каждый мир замкнут. Число миров бесконечно. Многие из них могут быть населенными. Демокрит впервые описал Млечный Путь как огромное скопление звезд. Миры переходящи: одни из них только возникают, другие находятся в расцвете, а третьи уже гибнут.

Аристотель (древнегреческий философ и учёный. Ученик Платона. С 343 до н. э. — воспитатель Александра Македонского). *Взгляды:* Аристотель считает, что мир изменчивых, индивидуализированных природных вещей может быть предметом достоверного познания, науки. Все достойно быть предметом познания: и движение светил, и строение тела всех живых и растительных существ, и устройство полиса, и свойства высшего перводвигателя и др. Основу естественнонаучных воззрений Аристотеля составляет его учение о материи и форме. Мир состоит из вещей, каждая отдельная вещь является соединением материи и формы. Земля является центром Вселенной, она неподвижна и имеет сферическую форму. Небесные тела вращаются вокруг Земли по круговым орбитам, они прикреплены к материальным, сделанным из эфира, вращающимся сферам. Космос — конечен и вечен; он никогда не родился и никогда не погибнет, никогда не возникал и принципиально неуничтожим. *Значение:* Он стал основателем системы знаний о природе — физики. Аристотель разработал первую историческую форму учения о движении — механику. Все механические движения он разбивает на две большие группы: движение небесных тел в надлунном мире; движение тел в подлунном, земном мире.

Занятие 1. Исследовательские программы эпохи становления классической агрономии

Вопросы для изучения

1. Агрономия с глубокой древности, рабовладельческого строя, феодализма, капитализма. Развитие агрономии под влиянием натурфилософии.
2. Предыстория научной агрономии. Важнейшие методы эмпирического познания в агрономии.

3. Исследовательские программы в эпоху открытия «законов земледелия». Философский базис и методология программ. Индуктивные и дедуктивные умозаключения.
4. Ухудшение продовольственного обеспечения растущего городского населения привело к возникновению научной агрономии с помощью естествознания.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Законы земледелия и растениеводства, научная основа агрономии.
2. Земледелие у древних шумеров. Как расценивали земли в Древнем Египте?
3. Земледелие в Древней Греции.
4. Сельскохозяйственные знания у древних римлян. Какие основные периоды выделяют опираясь на римские агрономические труды?
5. Какими высказываниями по земледелию известен Марк Порций Катон Старший? Кто из ученых древнего Рима утверждает о самостоятельности земледелия как науки?
6. Какие идеи методического характера выдвинул Луций Юний Модерат Колумелла?
7. Достижения и агрономические знания в Древнем Китае и Древней Индии.
8. Развитие агрономических знаний Древней Руси.

Литература

1. Иванов, А.Л. Очерки по истории агрономии / А.Л. Иванов, Н.С. Немцев, И.Ф.Каргин, С.Н. Немцев. – М: Россельхозакадемия, 2008. – 495 с.
2. Сафонов, А.Ф. Системы земледелия / А.Ф. Сафонов [и др.]. – М: КолосС, 2006. – 447 с.

Занятие 2. Дифференциация аграрной науки в XIX-начале XX в

Вопросы для изучения

1. Капиталистические отношения в России как фактор развития агрономии.
2. Отмена крепостного права и положение крестьян.
3. Земская агрономия. Агрономическая деятельность земств. Научно-просветительская деятельность земств.
4. Формирование учения о почвах и повышении их плодородия. Разработка теории питания растений. Вклад российских ученых в развитие агрохимии.

5. Формирование научных основ агрономии. Возникновение российского почвоведения. Возникновение мелиорации и плодородие почвы. У истоков селекции и семеноводства. Первые российские трактора и другая техника.

Задание. Изучить основные работы российских ученых, сыгравших важную роль в развитии научной агрономии:

1. Андрей Тимофеевич Болотов (1738-1833).
2. Иван Михайлович Комов (1750-1792).
3. Василий Алексеевич Левшин (1746-1826).
4. Михаил Григорьевич Павлов (1793-1840).
5. Степан Михайлович Усов (1796-1859).
6. Ярослав Альбертович Линовский (1818-1846).
7. Александр Васильевич Советов (1826-1901).
8. Александр Николаевич Энгельгардт (1832-1893).
9. Иван Александрович Стебут (1833-1923).
10. Дмитрий Иванович Менделеев (1834-1907).
11. Алексей Петрович Людоговский (1840-1882).
12. Климент Аркадьевич Тимирязев (1843-1920).
13. Павел Андреевич Костычев (1845-1895).
14. Василий Васильевич Докучаев (1846-1903).
15. Алексей Сергеевич Ермолов (1847-1917).
16. Василий Робертович Вильямс (1863-1939).
17. Дмитрий Николаевич Прянишников (1865-1948).
18. Алексей Григорьевич Дояренко (1874-1958).
19. Николай Максимович Тулайков (1875-1938).
20. Николай Иванович Вавилов (1887-1943).
21. Александр Иванович Бараев (1908-1985).
22. Александр Николаевич Каштанов (1928).
23. Терентий Семенович Мальцев (1895-1994).
24. Александр Иванович Мальцев (1879-1948).
25. Валерий Иванович Кирюшин (1941).
26. Константин Каэтанович Гедройц (1872-1932).

Составить аннотацию основных научных работ ученого (не менее 5). Оформить письменный отчет по прилагаемой форме и подготовить доклад с презентацией (12-15 слайдов).

| Ф.И.О. ученого полностью (годы жизни) | Основные этапы жизни | Название научной работы, год издания (не менее 5 работ) | Краткая аннотация |
|---------------------------------------|---|---|-------------------|
| | Год – руководитель Год – председат ... и т.д. | | |
| | | | |

Литература *основная*

1. Иванов, А.Л. Очерки по истории агрономии / А.Л. Иванов, Н.С. Немцев, И.Ф.Каргин, С.Н. Немцев. – М: Россельхозакадемия, 2008. – 495 с.
2. Сафонов, А.Ф. Системы земледелия / А.Ф. Сафонов [и др.]. – М: КолосС, 2006. – 447 с.

Дополнительная литература

3. Болотов, А.Т. О разделении полей / А.Т. Болотов // Тр. Вольного экономического общества. – СПб., 1771.
4. Вильямс, В.Р. Травопольная система земледелия / В.Р. Вильямс. – Воронеж: Облиздат, 1949.
5. Вильямс, В.Р. Почвоведение / В.Р. Вильямс. – М.: Сельхозгиз, 1939.
6. Докучаев, В.В. Наши степи прежде и теперь / В.В. Докучаев. – СПб., 1892.
7. Ермолов, А.С. Организация полевого хозяйства / А.С. Ермолов // сб. Системы земледелия и севооборот. – СПб., 1901.
8. Комов, И.М. О земледелии / И.М. Комов // Труды Вольного экономического общества. – СПб., 1788.
9. Крохалев, Ф.С. О системах земледелия: исторический очерк / Ф.С. Крохалев. – М.: Сельхозиздат, 1960.
10. Либих, Ю. Химия в приложении к земледелию и физиологии / Ю. Либих. – М.-Л., 1936.
11. Людоговский, А.П. Основы сельскохозяйственной экономики / А.П. Людоговский. – СПб., 1875.
12. Нарциссов, В.П. Научные основы систем земледелия / В.П. Нарциссов. – М.: КолосС, 1976.
13. Продолжение о разделении земли на семь полей: избр. тр. – М.: Агропромиздат, 1988.
14. Прянишников, Д.Н. Избр. соч. / Д.Н. Прянишников. – М.:

Сельхозиздат, 1963.

15. Пупонин, А.И. Зональные системы земледелия (на ландшафтной основе) / А.И. Пупонин [и др.]. – М.: КолосС, 1995.
16. Семенов, С.А. Происхождение земледелия / С.А. Семенов. – Л.: Наука, 1974.
17. Советов, А.В. О системах земледелия: избр. соч. / А.В. Советов. – М., Сельхозгиз, 1950.
18. Стебут, И.А. Основы полевой культуры: избр. соч. / И.А. Стебут. – Т.1. – М., 1956.
19. Тимирязев, К.А. Земледелие и физиология растений / К.А. Тимирязев. – Т. 3. – М.: Сельхозгиз, 1937.
20. Тимирязев, К.А. Столетние итоги физиологии растений: избр. соч. / К.А. Тимирязев. – Т. 1. – М.: Сельхозгиз, 1957.
21. Тулайков, Н.М. О севообороте зернового хозяйства засушливых районов: избр. произ. / Н.М. Тулайков. – М.: Сельхозгиз, 1963.
22. Чижевский, М.Г. К теории получения высоких урожаев в свете учения В.Р. Вильямса // Памяти акад. В.Р. Вильямса. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1942.

Занятие 3. Методологические основы исследовательской программы А.Г.Дояренко. Основные методы эмпирического познания в агрономии. Однофакторный эксперимент и его познавательные возможности

Важный период в развитии агрономической науки и опытного дела первой четверти XX в. связан с именем А. Г. Дояренко. Его исследования о факторах жизни растений и их взаимосвязях, влиянии на них различных агроприемов, использовании растениями солнечной энергии сохранили свою актуальность и в наши дни. Изучение водно-воздушного и пищевого режимов почвы привело ученого к выводу о решающей роли их в регулировании строения пахотного слоя почвы, и в первую очередь соотношения капиллярной и некапиллярной скважности. А.Г. Дояренко по-новому подошел к решению проблемы опытного дела в земледелии, он изучил характер пестроты полей, был зачинателем курса по опытному делу. Он определил содержание курса земледелия, организационные формы и методы учебного процесса, разработанные им программы были направлены на пробуждение у студентов интереса к изучаемой дисциплине. Содержание и структура курса земледелия заложенного ученым до настоящего времени

мало изменились. Наибольших успехов он добился в агрофизике, полеводстве, опытном деле. Профессор физики В. А. Михельсон в 1927 г. назвал его первым русским агрофизиком, поскольку он совершил переход от простого обобщения земледельческой практики, эмпирических испытаний к построению науки земледелия на базе точных наук - физики и химии. До 1911 г. исследования А. Г. Дояренко были посвящены вопросам агрохимии. На I Менделеевском съезде в 1907 г. он выступил с докладами о корневых выделениях растений и определении усвояемой фосфорной кислоты, о роли отдельных элементов в жизни растений. Далее он принимает активное участие в организации коллективных опытов с минеральными удобрениями. В 1911 г. был заложен опыт с бессменными культурами по разным фонам удобрения, который продолжается и поныне. В 1913 г. А. Г. Дояренко начал изучение использования полевыми культурами солнечной энергии. Им сконструирована установка для учета теплоты сгорания проб урожаев и определены технические коэффициенты усвоения солнечной энергии 12 полевыми культурами. А. Г. Дояренко разработал методы установления влажности и скважности почвы, водопроницаемости в естественной обстановке, испаряющей способности (с помощью созданного им эвапорметра), два метода оценки капиллярной деятельности почвы. Он выявил, что если для южных и юго-восточных районов решающим фактором выступает влага, то для северных - воздушный режим. Анализируя полученные данные, он пришел к выводу о решающем значении строения почвы, наибольшее плодородие почвы достигается при оптимальном сочетании водного, воздушного и питательного режимов. Оценку строения почвы агроном предлагал вести по соотношению капиллярной и некапиллярной скважности. Еще в 20-х гг. им исследовалась радиоактивность почв.

Заметное влияние ученый оказал в деле организации сельскохозяйственного опытного дела и создании методики полевых опытов, принимал участие уже в первых съездах по опытному делу (1901, 1902 гг.). Им совместно с Д. Н. Прянишниковым и П. С. Коссовичем к совещанию 1908 г. был подготовлен проект положения об опытных учреждениях, который был претворен в жизнь и положил начало планомерной организации опытного дела. По инициативе А. Г. Дояренко в 1918 г. был созван съезд и образовано Бюро Всероссийских съездов по опытному делу. Уже под его председательством в 1919 г. Бюро провело совещание, принявшее решение о размещении сети опытных учреждений в соответствии с сельскохозяйственным районированием страны. В течение 10 лет (1919-1929 гг.) для крестьян Подмосковья он проводил практический курс полеводства

на опытном поле Московской сельскохозяйственной академии. Методику опытного дела А. Г. Дояренко начал читать в Московской сельскохозяйственной академии в 1907 г. в качестве необязательного курса, но уже со следующего года она стала программной дисциплиной. Широко известны его книги «Жизнь поля», «Занимательная агрономия», «Из агрономического прошлого» и др. В период работы в Саратове в Институте зернового хозяйства Юго-Востока, занимался вопросами борьбы с засухой. Проведены исследования по кардинальным проблемам земледелия, прежде всего касающиеся сухого земледелия, которые включали теоретическое изучение физико-химических, физических, химических и биологических процессов почвы. Начаты детальные исследования органического вещества почвы, влагооборота и баланса влаги в главных сельскохозяйственных зонах страны, прогнозирование уровня плодородия почвы. Была создана система агротехнических, мелиоративных и организационных мер борьбы с засухой, внедрены новые приемы обработки почвы.

Занятие 4. Исследовательские программы современной агрономии.

Точные технологии исследования проблем агрономии

Основные понятия: научное исследование, агробиологический объект, эксперимент, методы исследования.

Научное исследование – изучение и объяснение закономерностей развития явлений в любой области науки. Научные исследования могут быть теоретическими и экспериментальными.

Теоретическое исследование – обобщение результатов исследований, нахождение общих закономерностей путем обработки и интерпретации опытных данных. Явления, изучаемые научной агрономией, так многообразны и сложны, что точные теоретические решения вопроса часто затруднены или порой невозможны. Первоосновой, источником теоретических исследований служит **опыт**, а обобщение экспериментальных данных развивает **теорию**.

Особенности агробиологического объекта исследования.

В естественных науках любой изучаемый объект является частью окружающего мира, а поэтому имеет бесконечный набор свойств, характеризующих его.

В конкретных естественных науках изучаются лишь отдельные свойства, наиболее интересные и существенные в данном конкретном исследовании.

При этом представление об изучаемом объекте неизбежно упрощается. Именно этот упрощенный образ реального объекта и есть его модель.

Пример. Величина урожая зерновых культур определяется воздействием огромного числа факторов, среди которых физические, химические и биологические свойства почвы, температура и влажность воздуха, солнечная активность, активность насекомых-вредителей и многие другие факторы, в совокупности составляющие в агрономии понятие «объект исследования». Рассматривая такой сложный объект, каждое научное направление в агрономии вычленяет из общего числа лишь некоторую группу факторов, относительно независимую от остальных, то есть создает свою модель исследуемого объекта. Так, в почвоведении детально изучаются свойства почв и их влияние на урожай (модели «почва-урожай»), в агрометеорологии – влияние метеорологических факторов (например, модель «осадки – урожай» и т.д.).

Опыт – ведущий метод исследования, включающий наблюдения, корреляцию, строгий учет изменяющихся условий и результатов.

Наблюдения – это количественная и качественная регистрация интересующих исследователя сторон развития явлений, констатация наличия того или иного его состояния, признака или свойства. Например, метеонаблюдение, уровень засоренности, наличие в почве питательных веществ, устойчивость сортов к неблагоприятным факторам. Наблюдения дают характеристику явления, но не вскрывают сущность. В ряде случаев этого вполне достаточно для установления связи между отдельными явлениями, признаками или свойствами.

Эксперимент, опыт – такое изучение, при котором исследователь искусственно вызывает явления или изменяет условия так, чтобы лучше выяснить сущность явления, происхождение, причинность и взаимосвязь предметов и явлений. Характерная черта и главная особенность любого точного научного опыта – его воспроизводимость и достоверность. Между наблюдением и экспериментом с точки зрения теории познания есть принципиальная разница: наблюдение отражает внешний мир, идет извне в наш мозг, оно фиксирует факты. Эксперимент идет из нашего сознания, это гипотеза, требующая проверки фактами. При постановке эксперимента разрабатывают модели, позволяющие выделить влияние исследуемых факторов на урожай. По признаку информированности выделяют модели типа «вход-выход» или модели «черного ящика», когда исследователь не имеет сведений о внутреннем строении изучаемой системы, т.е. о ее структуре и изучает лишь внешние связи системы со средой.

Входные факторы – X , то есть те связи, которые характеризуют воздействие среды на объект, выходные факторы – Y , характеризующие воздействие объекта на среду.

Выходные связи между объектом исследования и самим исследователем (выходные или результативные факторы) несут информацию о состоянии (свойствах) данного объекта и их изменениях под влиянием факторов среды (входных факторов).

Входные факторы в свою очередь могут быть:

- ненаблюдаемые (X_1), то есть такие, существование которых мы предполагаем, но имеющиеся технические средства и методы не позволяют нам оценить их величину или даже их происхождение (физические, химические, биологические);
- наблюдаемые, но неуправляемые (X_2), то есть имеющие количественную оценку, но не поддающиеся целенаправленному изменению со стороны исследователя;
- наблюдаемые и управляемые (X_3).

Последние два типа входных факторов называют также контролируруемыми факторами.

Единственным источником информации об изучаемой системе является эксперимент.

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

Во многих случаях экспериментатор не имеет возможности влиять на процесс функционирования (жизнедеятельности) изучаемой системы – вход X_3 отсутствует. Такой эксперимент называется **пассивным**.

Некоторые примеры моделей «черного ящика»:

1. **Пассивный эксперимент.** Объектом исследования является овес, произрастающих в полевых условиях. Цель исследования – изучение изменений химического состава зеленой массы овса под влиянием внешней среды. Входные факторы (среды):

- а) неуправляемые, наблюдаемые: температура воздуха, температура почвы, влажность воздуха;
- б) ненаблюдаемые: состав почвы, физические поля (электромагнитные и другие виды);
- в) управляемых факторов в данном эксперименте нет.

Выходные факторы: содержание сухого вещества, органического вещества, жира, клетчатки в зеленой массе.

2. Активный эксперимент. Объект исследования: животное, подвергаемое воздействию некоторых гормональных препаратов.

Цель исследования – изучение влияния данных препаратов на качественные и количественные показатели мясной продукции.

Входные факторы:

а) неуправляемые, наблюдаемые: параметры окружающей среды (температура воздуха и др.), качественные и количественные показатели корма;

б) ненаблюдаемые: физические поля и излучение;

в) управляемые факторы: доза и интенсивность применения гормонального препарата.

Выходные факторы: количественные и качественные показатели мяса животного.

Модели «черного ящика» являются наиболее распространенными в практике сельскохозяйственных исследований, в области агрономии и зоотехнии.

Методы исследования. В практике агробιοлогическιх исследований широко используются лабораторный, вегетационный, лизиметрический и полевой методы исследования, но основным важным методом исследования в полеводстве, овощеводстве, луговодстве и плодоводстве является полевой опыт.

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

Вегетационный эксперимент – исследование, осуществляемое в контролируемых условиях – вегетационных домиках, теплицах, оранжереях, климатических камерах и других сооружениях с целью изучения различий между вариантами и количественной оценки действия и взаимодействия изучаемых факторов на урожай растений и его качество.

1600 г. – голландец Ван Гельмонт (опыт с ивовой ветвью).

1872 г. – К.А. Тимирязев и И.А. Стебут (первый вегетационный домик).

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

Полевой опыт – исследование, осуществляемое в природной обстановке на специально выделенном участке с целью установления количественного воздействия условий или приемов возделывания на урожай сельскохозяйственных культур и его качество.

1810 г. – первое опытное поле высшей агрономической школы в Горы-Горках (Белорусия) с участием А.Н. Энгельгарда и Д.И. Менделеева.

Виды полевых опытов. Полевые опыты делятся на две большие группы:

1. Агротехнические
2. Опыты по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур.

Основная задача **агротехнических опытов** – сравнительная объективная оценка действия различных факторов жизни, условий, приемов возделывания или их сочетаний на урожай сельскохозяйственных культур и его качество. К этой группе относятся, например, полевые опыты по изучению обработки почвы, предшественников, удобрений, способов борьбы с сорняками, болезнями, вредителями, нормы и сроки посева.

Опыты по сортоиспытанию, где сравниваются при одинаковых условиях генетически различные растения, служат для объективной оценки сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. На основании результатов этих опытов наиболее урожайные, ценные по качеству и устойчивые сорта и гибриды районировать и внедряют в сельскохозяйственное производство.

Между указанными группами полевых опытов нет резкой границы. Для разработки сортовой агротехники опыты по сортоиспытанию нередко проводят на разных агротехнических фонах, а в схеме агротехнических опытов часто включают несколько сортов.

Кроме того, полевые опыты разделяют на следующие типы:

а) **по длительности проведения** – краткосрочные, многолетние и длительные. Краткосрочные проводят от 3 до 10 лет. Они могут быть нестационарные и стационарные. Нестационарные закладывают ежегодно по неизменной схеме с одной и той же культурой на новых участках и повторяют во времени 3-4 года. Стационарные закладывают на постоянных участках и проводят в течение 4-10 лет. Многолетние опыты проводят 10-50 лет, длительные – более 50 лет. Основная задача многолетних и длительных стационарных экспериментов – изучение действия, взаимодействия и последствий систематически осуществляемых агротехнических приемов или их комплексов на плодородие почвы и качество продукции. Во всех развитых странах мира многолетние и длительные опыты широко используются для решения фундаментальных вопросов земледелия, для глубоких комплексных исследований, демонстрации роли основных факторов и условий жизни растений. Из зарубежных длительных стационаров – всемирно известные опыты Ротамстедской опытной станции в Англии с удобрениями бессменной пшеницы, ячменя и многолетних трав, заложенные между 1843 и 1855 гг. Более 100 лет (с 1875 г.) ведется опыт с

удобрениями в Гриньоне (Франция) в севообороте озимая пшеница – сахарная свекла. С 1878 г. продолжается опыт с бессменной рожью в Галле (Германия). Бессменные посевы кукурузы и возделывание ее в 2-3-польных севооборотах изучаются более 100 лет (с. 1876 г.) в Иллинойском университете (США) и др.

В нашей стране самый длительный – это многофакторный опыт, заложенный в 1912 году в Петровской (ныне Тимирязевской) академии. Здесь на фоне полной факториальной схемы с удобрениями (О, N, P, K, NP, NK, PK, NPK, навоз, навоз + NPK) изучается действие севооборота, бессменных культур, «вечного пара» и периодического известкования на плодородие (1. Пар. – 2. Рожь. – 3. Картофель. – 4. Овес+клевер. – 5. Клевер. – 6. Лен).

По количеству изучаемых в одном эксперименте факторов, объему и глубине проводимых исследований, этот опыт является уникальным не только в нашей стране, но и в мировой практике опытного дела;

б) различают единичные и массовые опыты. **Единичные** – опыты, которые закладывают в отдельных пунктах, независимо друг от друга по различным схемам. **Массовые, или географические опыты** – полевые опыты одинакового содержания, которые проводят одновременно по согласованным схемам и методикам в различных почвенно-климатических и хозяйственных условиях, в масштабе страны, области или района. Географические опыты необходимо сопровождать изучением природных условий (почвенные условия, метеорологические наблюдения) и тщательной регистрацией культурно-хозяйственных условий. Географические опыты по испытанию новых селекционных сортов проводят преимущественно в сети Государственных сортоиспытательных участков. Географические опыты по изучению минеральных удобрений закладывают преимущественно на полях научно-исследовательских учреждений. Результаты этих опытов являются также основой для рекомендации в производство наиболее эффективных приемов и способов внесения различных видов удобрений.

Опыты предварительные (рекогносцировочные, временные)

проводят на стационарных участках, их функция – вспомогательная. Предварительные опыты обычно закладывают вне севооборота, на сравнительно небольшой срок. Они не требуют сопутствующих глубоких полевых и лабораторных исследований. В особую группу выделяют **мелкоделяночные опыты**. К ним относятся опыты с малым размером делянок, поэтому на этих делянках нельзя проводить нормальную полевую агротехнику, приходится прибегать к искусственным приемам, которые могут существенно изменить величину урожая и эффективность изучения

приема. Размер делянок в таких опытах колеблется от площади питания растений и достигает до 5-20 м². В мелкоделяночных опытах абсолютные показатели урожайности имеют подчиненное значение, а основное внимание уделяется углубленному исследованию динамики почвенных процессов, изменению физиологических показателей у растений и др. Часто мелкоделяночные опыты проводят параллельно с основными стационарными для более детального изучения отдельных частных вопросов темы основного исследования.

Понятие о сельскохозяйственном полевом опыте, основные требования, предъявляемые к нему. Полевой опыт завершает поисковое исследование, качественно оценивает агротехнический и экономический эффект нового способа или технологии возделывания растений и дает объективные основания для внедрения научных достижений в сельскохозяйственное производство. Ценность результатов полевого опыта зависит от соблюдения определенных методических требований. Важнейшие из них следующие:

1. Типичность полевого опыта.
2. Соблюдение принципа единственного различия.
3. Проведение опыта на специально выделенном участке.
4. Учет урожая и достоверность опыта.

1. **Типичность полевого опыта** – важнейшее требование. Результаты очень многих полевых опытов нельзя использовать, так как они не типичны. **Типичность опыта** – это соответствие условий его проведения природным (почвенным и климатическим) условиям данного района или зоны. Очевидно, что нет смысла, например, изучать приемы повышения плодородия почв в опыте, расположенном на рыхлом песке, если результаты его предполагается использовать на тяжелых суглинистых почвах. В понятие **типичность** для полевого опыта входит требование исследования с районированными (или перспективными) сортами и типичными для данной зоны культурами. Агротехнические опыты с экологически не приспособленными культурами и сортами теряют ценность, потому что районированные сорта и типичные культуры могут по-иному реагировать на изучаемые приемы, и, следовательно, нельзя распространять выводы из подобных опытов на обычные производственные условия. К **типичности** относятся также требование проведения полевого опыта при общем высоком уровне агротехники, опыты при низком уровне агротехники не имеют большой производственной ценности. В понятие **типичность** включают также требование проводить опыт в соответствии с производственными и агротехническими условиями сельскохозяйственного района или зоны.

Полностью это требование выдерживается в полевых опытах, которые проводятся непосредственно в производственной обстановке. Однако в ряде случаев, особенно на первых этапах исследования (ограниченное количество нового вида гербицида, удобрения и т.д.), это требование выполняется не полностью и полевой опыт проводится в некотором отрыве от типичных производственных условий.

2. Следующее требование ко всем полевым опытам заключается в соблюдении так называемого **принципа единственного различия, или тождества всех условий, кроме изучаемых**. Например, в однофакторном опыте с дозами удобрений единственным различием по вариантам будут дозы. Все остальные условия (почвенные условия, предшественник, способы обработки почвы и т.д.) во всех вариантах должны быть одинаковы. Без соблюдения этого требования методики нельзя правильно установить эффективность изучаемых доз удобрений. Принцип единственного различия иногда грубо нарушается в полевых опытах, особенно при их постановке в производстве. Сопоставленные между собой деланки располагают, например, после разных предшественников, или на разнообразных частях поля, или засевают в разные сроки и т.д. Ясно, что такие нарушения принципа единственного различия значительно снижают качество опыта. Но соблюдение этого принципа ни в коем случае не должно вести к искусственному ограничению условий, при которых тот или другой изучаемый прием может проявить свое наибольшее действие.

Таким образом, единственное различие не следует понимать механически. Во всех случаях **принцип единственного различия** должно пониматься как принцип целесообразности и оптимальности. Например, в опыте изучается два сорта пшеницы, которые вследствие биологических особенностей по-разному реагируют на изменения густоты посева. Казалось бы, что для сравнения урожайности двух сортов необходимо применять одинаковую норму посева. Однако, если сравниваемые сорта по биологическим особенностям (способности куститься и т.д.) требуют различной густоты посева, то их нельзя высевать одинаковой нормой, так как при этом один из сортов оказался бы в заведомо невыгодных для сравнения условиях. Более правильно сравнивать урожаи не при одинаковых, а наиболее соответствующих, опытных для каждого сорта норм высева.

Особенности условий проведения полевого опыта. Характерная особенность – сильная вариация, неоднородность неконтролируемых в эксперименте внешних факторов роста и развития растений:

- а) сезонность полевых работ;
- б) изменчивость метеоусловий по годам;

в) неоднородность почвенного покрова.

Все это создает трудность для получения надежных и воспроизводимых результатов, следовательно:

- необходимо повторять опыты во времени в разные погодно-климатические условия;

- структура полевого эксперимента зависит в значительной степени от территориального варьирования почвенного плодородия. Таким образом, особые требования предъявляются к выбору и подготовке земельного участка.

3. **Требование проведения полевого опыта на специально выделенном участке** с хорошо известной историей – это логическое следствие принципа единственного различия. Оно также обязательно для любого полевого опыта. Это требование методики нередко игнорируется в практике опытного дела. Опыты закладываются на участках, история которых неизвестна, поэтому результаты таких опытов невозможно понять и тем более использовать.

4. **Требование учета урожая и достоверности опыта.** Полевой опыт должен всегда давать представление о количественном воздействии на урожай растений и качество урожая. Нельзя считать полевым опытом исследования, ведущиеся в полевых условиях, но направленные на изучение только качественных изменений в состоянии растений, хотя эти определения и могут быть иногда очень нужными и полезными, без учета урожая высеваемых на этих участках растений. Однако данные учета урожая и оценка его качества может иметь реальный смысл и объективно отражать изучаемое явление только в том случае, если опыт достоверен по существу.

Под **достоверностью опыта**, по существу, понимают логически правильно построенную схему и методику проведения опыта, соответствие их поставленным перед исследованием задачам, правильный выбор объекта и условий проведения данного опыта. Очевидно, что опыты, проведенные по неправильной схеме и методике, при несоответствующих данному исследованию условиям или с нарушением методики и техники, то есть опыты, недостоверные по существу, не могут быть использованы для их сравнительной оценки. Такие опыты следует браковать.

Под **схемой опыта** понимают совокупность контрольных и опытных вариантов. **Контрольным** или стандартным вариантом называют вариант схемы опыта, с которым сравнивают результаты, полученные в других вариантах.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Методологические и теоретические основы современной агрономии.
2. Многофакторные эксперименты и их статистическое и техническое обеспечение.
3. Сравнительный и идентификационный эксперимент, их особенности.
4. Моделирование продуктивности и показателей плодородия почвы в рамках линейной научной парадигмы.
5. Спутниковые системы, системы отбора проб, электронные карты и топоориентированные технологии возделывания растений.
6. Методы и средства закладки и проведения технологических опытов.
7. Экспресс-методы и приборы для определения показателей состояния растений и условий их произрастания.
8. Селекция. Методы классической селекции.

Литература

1. Кирюшин, Б.Д. Основы научных исследований в агрономии: учеб. пособие – М.: КолосС, 2009. – 397 с.
2. Личман, Г.М. Основные принципы и перспективы применения точного земледелия, научное издание / Г.М. Личман, Н.М. Марченко, В.С. Дринча. – М.: Россельхозакадемия, 2004.
3. Семькин, В. Биологизация земледелия в основных земледельческих регионах / В. Семькин. – М.: КолосС, 2012.
4. Журналы «Земледелие», «Зерновое хозяйство России», «Вестник сельскохозяйственной науки» и другие.

2. МЕТОДЫ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АГРОНОМИИ

Занятие 5. Умение постановки и методологического анализа научной проблемы в области агрономических исследований. Формулирование научной гипотезы исследования

Научное исследование – всестороннее, достоверное изучение объекта, процесса или явления, их структуры, связей и отношений на основе разработанных в науке принципов и методов познания, а также получение и внедрение в производство (практику) полезных для человека результатов.

Выделяют три вида научных исследований: фундаментальные, прикладные и разработки.

Фундаментальные – открытие и изучение новых явлений и законов природы, их цель – расширение научного познания природы.

Прикладные – нахождение способов использования законов природы для создания новых и совершенствования существующих средств и способов человеческой деятельности, их цель – возможность использования научных знаний фундаментальных исследований в практической деятельности.

Разработки – создание новых технологий, техники на основе способов, предложенных в результате фундаментальных исследований.

Основные этапы планирования: выбор направления, проблемы, темы научного исследования, определение цели и задач, объекта исследования основанные на изучении современного состояния вопроса по литературным источникам, выдвижение рабочей гипотезы, разработка схемы и оптимальной структуры эксперимента.

Выбор научного направления

Каждую научно-исследовательскую работу можно отнести к определенному направлению. **Под научным направлением** понимается наука или комплекс наук, в области которых ведутся исследования. Например, биологические, сельскохозяйственные, социологические, технические, исторические и т.д. с возможной последующей детализацией.

Таким образом, основой научного направления является специальная наука или ряд специальных наук, входящих в ту или иную научную отрасль, а также специальные методы исследования и технические устройства.

Конкретизация направления исследования является результатом изучения состояния производственных запросов, **общественных потребностей состояния исследований в том или ином направлении на данном отрезке времени.**

В процессе изучения состояния и результатов уже проведенных исследований могут сформироваться идеи комплексного использования **нескольких научных направлений** для решения производственных задач.

Выбор проблемы исследования

Структурными единицами научного направления являются комплексные проблемы, темы и научные вопросы. **Комплексная проблема** представляет собой совокупность проблем, объединенных единой целью.

Проблема – это совокупность сложных теоретических и практических задач, решение которых назрело в обществе. С социально-психологических

позиций **проблема** – это отражение противоречия между общественной потребностью в знании и известными путями ее получения, противоречия между знанием и незнанием. **Проблема** возникает тогда, когда человеческая практика встречает затруднения или даже наталкивается на «невозможность» в достижении цели. **Проблема** может быть глобальной, национальной, региональной, отраслевой, межотраслевой, что зависит от масштаба возникающих задач. Например, охрана природы является **глобальной**, поскольку ее решение направлено на удовлетворение общечеловеческих потребностей.

Кроме этого различают проблемы общие и специфические. **К общим** относят общенаучные, общенародные и т.п. Они включают в себя вопросы внедрения малоотходных и безотходных, энерго- и материалосберегающих технологических процессов и систем машин; обеспечения пропорционального развития народнохозяйственного комплекса страны и эффективное воздействие всех его звеньев и т.д.

Специфические проблемы характерны для определенных производств той или иной промышленности. Так, в автомобильной промышленности такими **проблемами** является **экономия топлива** и создание новых видов горючего и т.п.

Выбор темы научного исследования

Тема научного исследования является составной частью проблемы. В результате исследований по теме получают ответы на определенный круг научных вопросов, охватывающих часть проблемы. Обобщение результатов ответов по комплексу тем может дать решение научной проблемы.

После обоснования проблемы и установления ее структуры определяются **темы научного** исследования, каждая из которых должна быть **актуальной** (важной, требующей скорейшего разрешения), иметь **научную новизну**, т.е. должна вносить вклад в науку, быть экономически эффективной для народного хозяйства. Поэтому выбор темы должен **базироваться на технико-экономическом расчете**.

При разработке теоретических исследований требования экономичности иногда заменяется **требованием значимости**, определяющим престиж отечественной науки.

Важной характеристикой темы является возможность быстрого внедрения полученных результатов в **производство**.

Правильно выбрать тему – это наполовину обеспечить успешное ее выполнение. Это подтверждают слова Н.И. Вавилова в заключительном

слове на конференции по планированию генетико-селекционных исследований: «Продумать научную тематику – это огромное дело. Из опыта исследований мы знаем, что от правильной постановки темы зависит не менее половины результатов», а также английская поговорка «A good beginning is half the battle». При выборе темы для самостоятельного исследования предпочтительнее брать узкую тему, которую можно разработать глубоко и всесторонне. Народная мудрость гласит: «Копай поглубже, найдешь погуще». В производственных условиях тема исследования связана с разработкой новых технологий или отдельных приемов, или внедрения достижений передовых хозяйств применительно к конкретным природно-климатическим условиям. Выбору темы могут способствовать следующие приемы:

1. Просмотр обзоров достижений науки и техники. В настоящее время многие издательства и журналы, печатающиеся в России, регулярно публикуют критические обзоры новейших достижений науки и техники, что облегчает ориентирование в малоизученной тематике современного естествознания.

2. Ознакомление с новейшими результатами исследований в смежных, пограничных областях науки и техники. На «стыке наук» часто выявляются новые и важные открытия. Недаром эти пограничные области называются «белыми пятнами» в науке. Например, луч лазера, широко применяемый в технике, начал использоваться при обследовании семян растений для повышения продуктивности.

3. Разработка новых, более эффективных методов, технологий и т.п. применительно к конкретной отрасли сельскохозяйственного производства. Методические исследования могут служить сами по себе темами исследований, если проводятся на достаточно высоком теоретическом уровне, экологически и технически хорошо обоснованы и проверяемы на практике. Методы математической статистики широко применялись в области физики, включение этих методов в сельскохозяйственную практику Фишером дало им широкое распространение.

4. Работа над старыми объектами при помощи новых методов, с новых позиций, с привлечением новых фактических материалов, новых технологических возможностей. Например, применение изотопного метода позволило получить неопровержимые доказательства в теории питания растений.

5. Глубокий анализ и обобщение материалов.

Выбору темы должно предшествовать тщательное ознакомление с отечественными и зарубежными литературными источниками данной и

смежных специальностей. Анализ состояния вопроса по научной теме должен включать:

- анализ известных данных по теме;
- методы исследования;
- объекты исследования (существовавшие, существующие, вновь создаваемые);
- историю исследований в изучаемом вопросе.

При коллективной разработке научных исследований большую роль приобретает критика, дискуссии, обсуждение проблем и тем. В процессе дискуссии выявляются новые, еще не решенные актуальные задачи разной степени важности и объема. Это создает благоприятные условия для участия в НИР школьников, студентов колледжей и вуза.

На первом этапе целесообразно студентам изучить состояние вопроса, подготовить научные обзоры по проблеме, проконсультироваться с научными руководителями, определить конкретные задачи.

Поиск, накопление и обработка научной информации

Структурной единицей, характеризующей информационные ресурсы и информационные продукты, является научный документ, под которым понимается материальный объект, содержащий научно-техническую информацию и предназначенный для ее хранения и использования.

В зависимости от способа представления информации различают документы:

- текстовые (книги, журналы, отчеты и др.);
- графические (чертежи, схемы, диаграммы);
- аудиовизуальные (звукозаписи, кино- и видеофильмы) и др.

Научный обзор – это текст, содержащий синтезированную информацию сводного характера по какому-либо вопросу или ряду вопросов, извлеченную из множества специально отобранных для этой цели первичных документов.

Вся информация критически анализируется. Делается это для того, чтобы выяснить, что уже достигнуто и разработано, какие оригинальные направления и творческие замыслы развивались для решения задач, какие есть еще неясности в их решении, противоречия и недоработки. Кроме того, выясняются, если это возможно, методические ошибки и недостатки предыдущих исследований, определяются пути к открытию нового или улучшению старого.

Обобщив все материалы, относящиеся к объекту исследования, разрабатывают его **рабочую гипотезу** – научное предположение о развитии

явлений и их объяснение. Это предположение не доказано, но в той или иной степени вероятно.

Возможно откроется несколько путей решения, которые соответствуют различным вариантам рабочей гипотезы.

Эти варианты необходимо тщательно продумать и зафиксировать. В результате анализа этих вариантов принимается тот, который дает наиболее быстрое и верное решение.

Как минимум, рабочей гипотезой устанавливаются факторы, представляющие собой измерения величины, воздействующие на объект исследования. К этим факторам, в частности, относятся причины, основные условия и движущие силы, вызывающие изменения в объекте исследования.

В начальный период рекомендуется записать возможно более полный перечень всех факторов, которые предположительно могут действовать на развитие явления.

Отсюда следует не забывать, что в некоторых случаях степень управляемости объекта исследования связана с **затратами на производство эксперимента**. Это очень важная исходная часть при определении рабочей гипотезы. При неправильном определении факторов исследование может быть безрезультатным. Оно пойдет не в том направлении, в каком развивается явление и поэтому приведет к ложным выводам.

Как максимум, рабочей гипотезой дается более или менее полное предположительное объяснение всего процесса развития явления.

В принятой рабочей гипотезе необходимо выделить из всех уже известных наиболее решающие причинные связи и взаимодействия, и наметить вероятные связи, взаимодействия, вероятные направления и ход развития. При этом **рабочая гипотеза** должна быть **логически** простой и во всех деталях **проверяемой экспериментально**. Изложена она должна быть кратко и ясно. Особое внимание следует обращать на точность ее терминов и понятий. Рабочая гипотеза должна быть изложена словесно.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Понятие систем, их признаки. Основные свойства систем. Классификация систем. Состояние систем.
2. Понятие о системном методе (подходе) исследований. Системный метод как основной метод исследования систем. Этапы системного анализа.
3. Философская основа системного метода. Примеры решения агрономических проблем с использованием системного метода.
4. Методы исследования в статике: по одному, множеству признаков.

5. Исследования в разных масштабных пространственных уровнях.
6. Методология сравнительных исследований.
7. Гипотетико-дедуктивный метод исследований. Формулирование научной (рабочей) гипотезы исследования.
8. Глобальные и локальные проблемы и их связь с эффективностью земледелия.

Занятие 6. Системы предварительного исследования как необходимый этап исследования объектов с повышенной пространственной неоднородностью. Требования к предварительному этапу исследований

Разработанные в течение долгих лет опытной агрономией приемы закладки проведения полевого опыта на всех этапах подчинены одной задаче: обеспечить высокую **точность** результатов опыта при сохранении **необходимой типичности**.

К приемам, повышающим точность опыта, относится и правильный выбор и подготовка участка под опыт. Участок для полевого опыта должен отвечать двум требованиям.

Первое требование – типичность почвенных условий. Земельный участок должен соответствовать тем условиям, в которых предполагается использовать результаты опыта: свойствам почвы, плодородию и рельефу почв, распространенных в данном районе или даже в других районах, близких по природным условиям.

Второе требование к опытному участку – однородность его почвенного покрова, которая обеспечивает достаточную точность результатов опыта.

Для того чтобы правильно выбрать земельный участок, необходимо изучить его историю, провести почвенное обследование, внимательно изучить рельеф, засоренность и учесть ряд возможных случайных факторов.

Почва опытного участка. Чтобы опытный участок разместить на типичной для данной сельскохозяйственной организации или района почвенной разности, необходимо иметь его точную почвенную характеристику.

Если сельскохозяйственная организация располагает почвенной картой (обычно в масштабе 1 : 10000), то основную характеристику почвенной разности опытного участка можно определить по ней. Когда почвенной карты нет, то до закладки опыта проводят почвенное обследование участка.

Только хорошо зная почвенную разность опытного участка, результаты полевого опыта можно переносить на другие аналогичные почвы, пользуясь

почвенной картой хозяйства или района, для которых предназначаются данные опыты.

Выявление границ отдельных почвенных разновидностей в пределах опытного участка необходимо для того, чтобы можно было наилучшим образом расположить опыт на участке, разместив его полностью или целые повторения опыта на одной почвенной разновидности или на комплексе наиболее близких почвенных разновидностей.

Для определения почвенной разности, степени однородности почвы и глубины залегания грунтовых вод проводят детальное почвенное обследование, применяя обычные методы – почвенные разрезы, прикопки, на основании которых составляют почвенную карту. Для полной характеристики почв опытного участка проводят химические анализы. Определяют содержание гумуса, кислотность и поглонительную способность почвы, содержание подвижных форм основных питательных веществ. При обследовании сохраняют основные образцы исходных почв, чтобы в многолетних опытах через определенное время можно было проследить за изменением некоторых свойств почвы под влиянием удобрений или других изучаемых факторов.

Рельеф – один из основных факторов однородности или пестроты опытного участка. Для большинства опытов предпочтителен ровный или с небольшим уклоном участок 0,01-0,025 (1-2,5 м на 100 м). В опытах с самотечным орошением некоторый уклон обязателен, наилучшие условия для увлажнения почвы создаются при уклоне от 0,005 до 0,01 (0,5-1 м на 100 м).

При значительном склоне возможен смыв почвы и внесенных удобрений с верхних делянок на нижние. Особенно недопустима постановка многолетних опытов и опытов с озимыми на склонах, подвергающихся действию весенних вод. Если опыты ставятся на сравнительно крутых склонах, например, опыты по изучению влияния склонов различной крутизны и экспозиции, опыты по эрозии и т.д., то целесообразно располагать отдельные повторения на разных уровнях склона или закладывать их на длинных вытянутых вдоль склона делянках, которые учитывают мелко, отрезками, расположенными на разных уровнях склона. Кроме макрорельефа необходимо учитывать микрорельеф (бугорки, мелкие ложбины, свальные и развальные борозды).

История участка. Для обследования принципа единственного различия и типичности опыта необходимо до его закладки детально изучить историю участка по книге истории полей и другим материалам, имеющимся в организации.

Участок, отводимый под опыт, за последние 3-4 года, а еще лучше за полную ротацию севооборота, необходимо засевать одними и теми же культурами с нормальным чередованием по годам, с одинаковыми системами обработки, удобрения и т.д., хотя по годам обработка, удобрения и предшественники могут быть различными.

Важную роль для однородности и типичности участка играет строгая однообразность в проведении таких приемов агротехники, которые резко изменяют плодородие почвы и обладают длительным и значительным последствием. К ним относятся: известкование и гипсование, внесение навоза, применение повышенных доз минеральных удобрений, посевы многолетних бобовых трав, углубление пахотного слоя.

На точность результатов опыта значительное влияние оказывает сильная и неравномерная засоренность участка, особенно с ясно выраженными пятнами злостных сорняков (пырей, осот и др.). Такие площади можно использовать под опыт лишь после предварительной подготовки с уничтожением сорняков химическими и агротехническими способами.

При изучении истории участка обращают внимание и на случайные факторы, которые сильно нарушают его однородность и снижают точность результатов будущего опыта.

На территории не должно быть следов земляных работ, засыпанных ям и канав, раскорчевок и крупных пней, бывших токов, стоянок скота, мест вывозки и хранения навоза, бывших грунтовых дорог. Нельзя размещать опытный участок вблизи водоемов, древесных насаждений, построек, изгородей, которые создают неравномерность освещения, неодинаковые условия влажности, задержки ветра и т.д.

Участок должен находиться на расстоянии не менее, чем 200 м от водоемов, 50-100 м от жилых домов, животноводческих построек, сплошного леса, 25-30 м от деревьев и 10 м от плотных изгородей, проезжие дороги не должны быть ближе 10-20 м от опытного участка.

Подготовка участка для полевого опыта. Предварительное изучение хозяйственной истории и обследование почвы дают некоторое ориентировочное, но далеко не достаточное представление о земельном участке.

Для более детального изучения однородности почвы необходимо воспользоваться уравнительными и рекогносцировочными посевами.

В условиях производства подготовка и изучение участка включают обычно один, реже два уравнительных посева.

Уравнительным посевом называют сплошной посев какой-либо культуры, проведенный на всей площади выбранного участка для повышения

однородности почвенного плодородия. Уравнительный посев отличается от обычного хозяйственного только тем, что обработку почвы, удобрения и возделывание культуры на площади будущего опыта проводят на более высоком агротехническом уровне, тщательно и однообразно.

Уравнительными посевами, особенно если их применяют в течение нескольких лет, можно в некоторой степени устранить пестроту земельного участка, вызванную последствием агротехнических приемов, по-разному применявшихся в прошлом на различных частях поля. Наибольший эффект выравнивание дает в том случае, когда из года в год уравнительные посевы проводят при высоком уровне агротехники. При низком же уровне агротехники выравнивание плодородия под влиянием уравнительных посевов, если и происходит, то крайне медленно. Необходимо отметить, что последствие таких агротехнических приемов, как известкование, внесение навоза, систематическое применение высоких доз минеральных удобрений и т.п., а также различия почвы, обусловленные развитием самих почвенных процессов невозможно устранить уравнительными посевами.

Основные задачи таких посевов: а) устранить пестроту, вызванную несильно действующими приемами; б) провести тщательную борьбу с сорняками; в) создать надлежащего фона для будущего опыта (определенная обработка, удобрения, предшественники и т.д.). Последний по счету уравнительный посев называют **рекогносцировочным**, задача которого установить характер варьирования почвенного плодородия на опытном участке. Особенность такого посева – дробный учет урожая.

Сущность дробного учета заключается в том, что участок засевают какой-либо культурой, которую учитывают по отдельным, возможно более мелким площадкам (элементарным деланкам), чтобы установить пестроту плодородия внутри опытного участка. Для рекогносцировочного посева чаще всего используют зерновые хлеба, иногда картофель и корнеплоды. Из зерновых для дробного учета удобнее использовать яровые культуры (овес). Размер элементарных деланок дробного учета зависит от культуры, метода учета и технических возможностей опытного учреждения.

При небольших площадях, подлежащих учету, и значительной пестроте участка можно рекомендовать размер элементарной деланки в 10 м². При более крупных и более однородных площадях и при постановке на больших деланках (несколько сот м²) можно допускать и более крупные деланки дробного учета. Например, если опыт проводят на деланках в несколько сот м², площадь элементарной деланки может быть увеличена до 60-80 м².

Тысячи дробных учетов урожая, проведенных в нашей стране и за рубежом, показали, что урожаи на делянках однообразно возделываемого участка всегда в той или иной степени отличаются по своей величине.

Это связано с тем, что в полевой обстановке экспериментатор не имеет возможности выбрать для закладки опыта идеально выровненный земельный участок, т.е. однородный во всех отношениях. Чаще всего проявляется довольно сильная неоднородность почвенного плодородия и урожайности при переходе от делянки к делянке дробного учета.

Дробный учет позволяет оценить территориальную изменчивость почвенного плодородия. На опытном участке практически всегда есть участки, где наряду со **случайным** варьированием наблюдается и **систематическое**, закономерное варьирование урожайности по делянкам.

Смысл случайного варьирования заключается в том, что урожаи делянок однородного дробного учета колеблются вокруг некоторого среднего значения, причем характер этих колебаний не меняется от делянки к делянке, и разности между выборочными средними значениями, характеризующие отдельные участки дробного учета (делянки 1-10 и 20-30), статистически незначительны. Уменьшить размер колебаний урожаев при случайном варьировании можно, увеличивая площадь опытной делянки при закладке опыта от 100 до 800 м².

Смысл понятия о закономерном варьировании сводится к тому, что разности между некоторыми выборочными средними отдельных участков дробного учета статистически существенны. Если имеется закономерное варьирование, то независимо от неизбежного случайного колебания урожайности при переходе от делянки к делянке отдельные земельные участки могут характеризоваться более высоким (например, делянки 20-30) или, наоборот, более низким (например, делянки 1-10) уровнем плодородия.

В варьировании элементов плодородия почвы проявляется та же закономерность, что и в варьировании урожайности дробных учетов. Это было выяснено многочисленными исследованиями по определению влажности почвы, агрохимических и агрофизических свойств почвы на земельном участке.

Систематическое изменение плодородия не элиминируется увеличением площади делянки, поэтому более или менее выраженный закономерный компонент изменчивости плодородия почвы опытных участков создает определенные трудности для экспериментальной работы и применения статистических методов обработки данных. Это затруднение преодолевается рендомизированным размещением вариантов по делянкам полевого опыта. Рендомизация устраняет возможное одностороннее влияние закономерной

изменчивости почвенного плодородия на результаты опыта и гарантирует правильное использование статистических критериев для оценки экспериментальных данных.

Дробные учеты урожаев дали значительный материал для разработки основных положений методики полевого опыта. Используя глазомерную оценку уравнительных посевов и опираясь на эти общие теоретические положения, квалифицированный экспериментатор на практике достаточно удовлетворительно планирует методику будущего опыта – определяет форму, размер, повторность и расположение делянок, не прибегая к дробному учету уравнительных посевов. Большое значение при этом имеет учет опыта предшествующей исследовательской работы в данном районе или зоне.

Отсутствие дробного учета не может служить препятствием применению правильной методики полевого опыта. В настоящее время, когда методика постановки опытов в полеводстве достаточно хорошо разработана, проведение новых дробных учетов рекогносцировочных посевов будет вполне оправдано лишь в особых, специальных случаях, например, при закладке многолетних стационарных опытов.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Системы предварительного исследования как необходимый этап исследования объектов с повышенной пространственной неоднородностью.
2. Требования к предварительному этапу исследований.
3. Использование геостатистики для описания пространственно-неоднородных объектов.
4. Использование непараметрической статистики в сравнительных исследованиях.
5. Организация предварительных исследований по агрофизике, агрохимии и агрофитоценологии в условиях нормализованной и направленно ориентированной неоднородности.

Занятие 7. Системный метод исследования. Формулирование целей и задач. Составление программы исследования

Формулирование цели и задач исследования. Цель – одна в исследовании – раскрывает основную концепцию народно-хозяйственной проблемы с акцентом на то научное направление, в котором работает или будет работать исследователь.

Важным условием правильного проведения опыта является формулировка задач, которые решает опыт. Многие неудачи в опытном деле объясняются не столько ошибками в технике и методике закладки опыта, сколько в неумении точно сформулировать задачи опыта. При постановке конкретного опыта необходимо уточнить, на какой вопрос желают получить ответ.

Задачи (их несколько) указывают, посредством каких научных методов и технических средств будет решаться поставленная цель, например:

- установить аналитические взаимосвязи;
- обосновать применение;
- разработать методику расчетов;
- применить сравнительную оценку;
- выявить эффективность использования.

Выбор объекта исследования

Результаты опыта в значительной степени зависят от правильного выбора объекта исследования. При выборе объекта обычно руководствуются двумя соображениями: 1) возможность широкого применения изучаемого приема; 2) чувствительность объекта к изучаемому приему.

Объекты исследования делятся на эмпирические и теоретические. Эмпирические исследования бывают искусственные (технические разработки) и натурные (явления природы, ее материальные тела). Любой объект исследования рассматривается как система, состоящая из отдельных элементов, располагающихся в определенном порядке.

Простые объекты – объекты, которые содержат несколько элементов.

Сложные объекты – объекты, структуру которых на данном этапе исследований нельзя описать. Очень сложные объекты исследуют по методу «черного ящика».

Методика сельскохозяйственного опытного дела – это учение о том, как производить научные исследования в области полеводства. Разработанные в течение долгих лет опытной агрономией приемы закладки и проведения полевого опыта на всех этапах – от выбора опытного участка до учета урожая с опытных делянок – подчинены одной задаче: обеспечить высокую точность результатов опыта при сохранении необходимой типичности.

К приемам, повышающим точность опыта, относятся совокупность слагающих элементов методики полевого опыта: правильный выбор и подготовка участка под опыт, число вариантов, размеры делянок, их форма и направление, повторность, система размещения повторений, делянок и

вариантов на территории, точные методы учета урожая и организация опыта во времени.

1. Площадь, форма и направление делянок, их влияние на точность опыта.

Опытная делянка – элементарная единица опыта, часть площади опыта, имеющая определенный размер и форму и предназначенная для размещения отдельного варианта. Делянки служат для размещения в них изучаемых и контрольных вариантов.

Следует отметить, что опытная делянка имеет **посевную площадь** и **учетную площадь**. На опытной (посевной) площади делянки размещают один вариант опыта, проводят все операции по обработке, посев и дальнейшие работы. С учетной площади делянки учитывают урожай. Учетная площадь меньше опытной площади из-за выделяемых со всех сторон опытной делянки полос, называемых **защитными**. Урожай с защитных полос убирают раньше и не учитывают. Назначение защитных полос – исключить из учета урожая растения, которые находятся на краях делянки и отличаются по развитию и величине урожая от растений во внутренней части делянки.

2. Повторность и повторение, их влияние на точность опыта.

Наиболее действенным средством повышения точности опыта является повторность опыта в пространстве, т.е. расположение каждого варианта схемы опыта повторно на нескольких одноименных делянках. **Повторность** – это число делянок с одноименным вариантом в опыте.

Следует принять твердое правило, что прежде чем делать определенное заключение из опыта, надо продолжить его в течение по меньшей мере трех лет, с тем, чтобы в их число попал и благоприятный год. Три года – безусловный минимум.

Повторение опыта – часть площади опытного участка, включающая делянки с полным набором вариантов схемы опыта. Задача повторения – осуществлять контроль действия почвенного плодородия. Все методы размещения вариантов по делянкам полевого опыта предполагают территориальное объединение делянок с полным набором всех вариантов схемы, т.е. организованное повторение.

3. Методы размещения вариантов. Основной задачей рационального размещения делянок в опыте является достижение наибольшего охвата каждым вариантом всей пестроты опытного участка и наилучшего сравнения вариантов между собой.

Выделяют три основные группы методов размещения вариантов по делянкам опытного участка:

- стандартный метод;

- систематический;
- рандомизированный (случайный).

Стандартные методы характеризуются более частым равномерным распределением контрольных вариантов (контроль располагают через одну, две опытных варианта).

Систематические методы размещения вариантов – это такое расположение, когда порядок размещения вариантов в каждом повторении подчиняется определенной системе. В нашей стране распространены два способа размещения вариантов по этому методу: а) последовательный в один ярус; б) шахматный при расположении повторений в несколько ярусов.

Случайное, или рандомизированное расположение вариантов по делянкам предложено Р.А. Фишером – английским статистом (от англ. gendom – случайный, беспорядочный).

Метод случайных блоков (рандомизированных повторений) – наиболее простой способ размещения вариантов. Каждый блок содержит столько делянок, сколько вариантов в схеме опыта. Число блоков равно числу повторений в опыте. В каждом блоке варианты по делянкам размещают по жребию.

Латинский квадрат и латинский прямоугольник. Латинский квадрат считается лучшей схемой, так как размещение опытных делянок методом латинского квадрата позволяет в значительной степени устранить влияние систематического изменения плодородия почвы опытного участка на результаты опыта по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

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

При 7-8 и более вариантах постановка опытов латинским квадратом становится затруднительной. Поэтому, используя преимущество латинского квадрата, целесообразно закладывать опыты **латинским прямоугольником**. В этом случае число вариантов должно быть кратным числу повторностей. Так, при трехкратной повторности этим методом можно заложить опыт с 6, 9, 12, 18 и т.д. вариантами; при четырехкратной повторности – с 8, 12, 16, 24 и т.д., при пятикратной повторности – с 10, 15, 20, 24 и т.д.

Частное от деления числа вариантов на повторность дает число делянок, на которое необходимо расщепить столбец соответствующего латинского квадрата. Например, при изучении 12 вариантов в 4-кратной повторности каждый столбец латинского квадрата 4x4 необходимо расщепить в вертикальном или горизонтальном направлении на три полосы ($12 : 4=3$). Такой метод закладки опыта носит название латинского прямоугольника 4x4x3.

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

Схема расщепленных делянок – это эксперимент, в котором делянки одного опыта используются как блоки для другого. Делянки первого порядка (крупные делянки) делятся, расщепляются в вертикальном или горизонтальном направлении на делянки второго порядка, а делянки второго порядка на более мелкие делянки третьего порядка. Варианты по главным делянкам и субделянкам размещают методом рандомизации. Особенность их расположения заключается в том, что варианты главных делянок рандомизируются самостоятельно по каждому повторению, а варианты делянок второго и следующих порядков рандомизируются каждый раз заново.

Задание

1. Охарактеризовать проблему.
2. Обосновать тему исследования, объект исследования (указать объекты, дать их описание).
3. Сформулировать актуальность темы, научную (рабочую) гипотезу, научную новизну, цель и задачи исследования.
4. Представить схематичный план размещения вариантов опыта. Выбрать оптимальный метод размещения вариантов в зависимости от изучаемых факторов и характера варьирования почвенного плодородия.
5. Спланировать повторность опыта, форму, ширину и длину элементарной делянки (м), размеры разворотных дорог, боковых и краевых защитных полос (м), площадь делянки (общую и учетную, м²), количество делянок в опыте и общую площадь опыта, указать марки сельскохозяйственных машин и орудий для проведения полевых работ.

Занятие 8. Разработка программы исследования

Схемы однофакторных опытов

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

Сравнительно просто решается вопрос о схемах однофакторных опытов, в которых варианты различаются качественно. Например, если планируется изучить пять сортов яровой пшеницы или пять способов обработки почвы, схема опыта будет включать пять вариантов (А, В, С, D...Z).

При разработке схем однофакторных опытов, в которых варианты различаются **качественно**, важно выдержать принцип единственного различия, правильно выбрать **контрольный вариант** (стандарт) и определить сопутствующие, не изучаемые в опыте **оптимальные агротехнические условия** эксперимента (фон).

Для схем однофакторных полевых опытов с **количественными градациями**, кроме перечисленных выше требований, необходимо **правильно установить единицу варьирования для доз изучаемого фактора и число градаций (доз)**.

Планируя постановку полевого эксперимента, уже в самом начале при разработке схемы закладки и методики опыта следует предполагать его как исследование некоторой математической функции многих переменных, например вида $Y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где Y – продуктивность процесса (урожайность или др.); x_1, x_2, \dots, x_n – изучаемые факторы (удобрения, водный режим почвы, густота стояния растений, глубина обработки почвы и др.). График этого уравнения может быть выражен в виде кривой, описывающей в изучаемом факториальном пространстве предполагаемую экспериментом гипер-поверхность. Такая кривая называется поверхностью отклика. Для однофакторного полевого опыта она реализуется в двухмерном пространстве с помощью уравнения $Y=f(x)$. Важно так составить схему опыта, чтобы на основании экспериментальных точек можно было построить кривую отзывчивости (отклика), которая будет характеризовать зависимость продуктивности процесса (урожайность и др.) 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. При этом важно установить основной уровень, т.е. ту центральную точку на кривой отзывчивости, при которой по мере движения к экстремальным (крайним) значениям эксперимент охватывал бы лимитирующую, стационарную и ингибирующую области этой кривой.

Если неправильно установлен центр эксперимента и приняты незначительные различия в дозах (градациях), то экспериментальные точки могут охватывать только лимитирующую или стационарную область, и, следовательно, на основании этой информации нельзя установить оптимальный уровень для изучаемого в опыте фактора. Другая опасность возникает в том случае, когда шаг варьирования выбран слишком большим и можно «проскочить» точку максимума. Точные рекомендации по выбору величины шага дать невозможно, и многое зависит от квалификации и интуиции экспериментатора. Если предварительные сведения об изучаемом явлении отсутствуют, выбор основного уровня, центра эксперимента приходится делать более или менее случайным образом, руководствуясь общими представлениями о процессе. Верному выбору шага варьирования уровней фактора способствуют хорошо проведенные литературный и патентный поиски, эрудиция и личный опыт научного руководителя.

В общем виде схему однофакторного опыта по изучению градаций (доз) фактора A можно представить так: $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$. Здесь индексами $0, 1, 2, \dots, n$ обозначены градации фактора A в условных единицах, где 0 – низшая, нулевая градация. Конкретный пример: изучение отзывчивости яровой пшеницы сорта Марина на 5 уровней питания. В общем виде схема опыта будет такой: a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 .

Конкретная схема:

1. Без удобрений (контроль, a_0).
2. N60 P60 K60 (a_1).
3. N120 P120 K120 (a_2).
4. N180 P180 K180 (a_3).
5. N240 P240 K240 (a_4).

Планирование схем многофакторных опытов.

Суть принципа факториальности

Многофакторный опыт – опыт, в котором изучается действие, а также характер и величина взаимодействия двух и более факторов. Принципиальная особенность многофакторного опыта – возможность установить действие изучаемых факторов, характер и величину их взаимодействия при совместном их применении.

Чтобы на основе данных многофакторного эксперимента можно было вычислить эффекты действия и взаимодействия факторов при планировании его схемы, необходимо выдержать принцип **факториальности**. Суть принципа факториальности заключается в том, что схема должна включать все возможные сочетания намеченных к изучению факторов и их градаций. В факториальных опытах может изучаться действие и взаимодействие как количественных, так и качественных факторов и их градаций.

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

Если в схему опыта включить третий фактор, допустим К, также в двух градациях, то получится факториальная схема $2 \times 2 \times 2$. В этом опыте будет уже восемь вариантов: О, N, P, K, NP, NK, PK, NPK. Это широко известная восьмерная схема (предложенная французским ученым Ж. Виллем) для изучения удобрений является полной (факториальной), так как в ней есть все возможные сочетания из трех видов удобрений N, P и K. Она позволяет определить эффекты N, P и K в отдельности, их парное взаимодействие NP, NK и PK, а также тройное взаимодействие NPK.

Поверхность отклика многофакторной зависимости вида $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ зрительно представить невозможно. Задачу планирования эксперимента в этом случае ограничивают выбором отдельных комбинаций действия и взаимодействия изучаемых переменных в некоторой факториальной зоне. Такой многофакторный полевой опыт называется полным факторным экспериментом (ПФЭ). План ПФЭ представляют, как правило, в виде табличных матриц планирования.

План ПФЭ (матрица планирования ПФЭ n3)

| Варианты | Факторы | | | Действие и взаимодействие факторов (обозначение вариантов) |
|----------|---------|---|---|--|
| | N | P | K | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | N |
| 3 | 0 | 1 | 0 | P |
| 4 | 0 | 0 | 1 | K |
| 5 | 1 | 1 | 0 | NP |
| 6 | 1 | 0 | 1 | NK |
| 7 | 0 | 1 | 1 | PK |
| 8 | 1 | 1 | 1 | NPK |

Полная многофакторная схема дает возможность получить из эксперимента максимум информации. Поэтому там, где нет особых препятствий к проведению опыта по факториально 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.

Схема полного факториального эксперимента обладает рядом важных преимуществ перед однофакторным, среди которых можно отметить 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.
3. При независимом действии факторов один многофакторный опыт дает столько же информации о каждом из них, как если бы весь эксперимент был посвящен исследованию нескольких однофакторных опытов.
4. При взаимодействии факторов исследователь получает большое количество дополнительной информации о величине и характере их взаимодействия.

Существенный недостаток полных факториальных схем при изучении трех и более факторов в 4-5 и более градациях – их много-вариантность 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,

где существенно увеличивает ошибку и усложняет техническое проведение эксперимента.

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. Во-вторых, путем использования для постановки опытов метода смешивания, предложенного Р.А. Фишером, суть которого – блокировка вариантов в компактные сравнимые группы (блоки) внутри каждого повторения.

Планирование повторности. Необходимая повторность при установленной площади делянки и форме делянки определяются в основном характером варьирования (изменчивости) почвенного плодородия и заданной величины ошибки опыта. Пестроту почвенных условий устанавливают по данным дробного учета рекогносцировочных или уравнительных посевов. Если таких данных нет, используются результаты предшествующей работы в аналогичных условиях. В качестве критерия изменчивости урожая используют среднее квадратическое (стандартное) отклонение, S :

$$S = \sqrt{S^2}.$$

Коэффициент вариации

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

Значение ошибки устанавливают исследователь, величина ошибки зависит от масштаба тех различий, которые предполагается получить между вариантами. Чем больше предполагаемый эффект от изучаемых приемов, тем больше может быть и ошибка, и, наоборот. В полевом эксперименте $НСР_{05} = 3S\bar{x}$, и, следовательно, ошибка опыта должна быть в 3 раза меньше предполагаемых минимальных эффектов.

Большую часть опытов проводят при 4-6-кратной повторности. В опытах, которые закладываются на делянках 2-10 м², повторность увеличивают до 6-8-кратной.

Повторность и размер делянок в полевом опыте должны быть согласованы так, чтобы обеспечивать оптимальные агротехнические условия и низкую ошибку эксперимента.

Планирование методики опыта

Особое внимание при планировании следует обратить на **правильное сочетание основных** элементов методики и в зависимости от целей исследования, схемы опыта, земельного участка и технических возможностей установить наиболее рациональное направление, форму и площадь делянки, повторность, систему размещения повторений, делянок и вариантов. Все многообразие действия не изучаемых в опыте факторов на результат можно свести к следующим четырем типичным случаям.

1. На земельном участке нет четко выраженных условий, которые могут оказать одностороннее влияние на результативный признак (случайное варьирование почвенного плодородия) – делянки могут быть ориентированы в направлении, наиболее приемлемом по организационным соображениям. При высоком случайном варьировании почвенного плодородия устранить микропестроту можно за счет увеличения площади делянки до 800 м². Методы размещения: метод случайных блоков, шахматный и по организационным соображениям.

2. Незнучаемые условия возделывания на опытном участке четко изменяются в одном направлении (вдоль одного вектора, вдоль склона, в направлении к лесополосе, к реке и т.п.), т.е. при закономерном (систематическом) варьировании почвенного плодородия. Ориентация делянок вдоль изменения почвенного плодородия. Методы размещения – только рандомизированные, в отдельных случаях при небольшом количестве посевного материала (в селекции) – стандартные.

3. Незнучаемые условия возделывания варьируют в двух взаимно перпендикулярных направлениях (двухсторонний склон, склон и лесополоса, лесополоса и изгородь и т.д.). Ориентация делянок должна учитывать оба воздействия, а также результат положения делянок, ориентированных в двух направлениях. Методы размещения – латинский квадрат и латинский прямоугольник, так как в каждом ряду и столбце представлены все варианты опыта, следовательно, двустороннее воздействие не изучаемых факторов при таком расположении будет сбалансировано.

4. Незнучаемые условия изменяются в трех направлениях. В таких случаях используются более сложные схемы размещения делянок и вариантов, которые позволяют учесть и в значительной степени сбалансировать действие сильной неоднородности условий возделывания. Наилучший метод размещения – метод смешивания, когда изучаемые факторы располагаются по рядам, столбцам и блокам, которые имеют полный набор изучаемых факторов.

Задание. Разработать программу исследования. Подготовить письменный отчёт.

Письменный отчёт по теме магистерской диссертации направлен на освоение методики разработки плана и программы исследования. Предполагается защита работ в присутствии ведущих исследователей и специалистов-практиков, что позволит откорректировать индивидуальные учебные планы магистров.

Отчёт должен включать:

1. Содержание.
2. Введение.
3. Научный обзор.
4. Обоснование темы исследования.
5. Программу исследования.
6. Практическую значимость и апробацию.
7. Заключение.
8. Список литературы.

Введение. В разделе следует кратко изложить современное состояние земледелия в стране, в крае, его значение, задачи. Наметить пути дальнейшего развития с целью повышения плодородия почв, урожайности сельскохозяйственных культур (объем 2-3 с.). Введение должно согласовываться с темой выбранного исследования.

Обзор научных работ по изучаемой проблеме. В обзоре литературы следует обобщить 25-30 научных работ по выбранной теме. Желательно дать название, могут быть выделены подразделы. Общий объем обзора не более 7-8 страниц.

Обоснование темы исследования (4-5 с.). Включает в себя проблему, актуальность темы, научную (рабочую) гипотезу, научную новизну, цель исследования, задачи, объект исследования (указать объекты, дать их описание).

Программа исследования (5-7 с.). Методы исследования. Учеты и определения.

Практическая значимость и апробация (2-3 с.). Практическая значимость результатов. Опубликованные по материалам диссертации работы. Апробация и внедрение результатов.

Заключение (1-2 стр.).

Список литературы.

3. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В АГРОНОМИИ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОИСКА ИХ РЕШЕНИЯ

Занятие 9. Комплексные исследовательские программы. Особенности проектирования адаптивно-ландшафтные системы земледелия (АЛСЗ)

Вопросы для изучения

1. Новые проблемы в земледелии. Границы применимости методология эволюционизми к современности.
2. Методы решения агрономических проблем.
3. Разработка методов компьютерной верификации и возрастание роли компьютерного эксперимента в исследованиях систем земледелия.
4. Комплексные исследовательские программы междисциплинарного характера и моделирование.
5. Новые подходы и инструментальные средства к организации измерений.
6. Информационные системы и их требования к организации сбора и обработки данных полевых экспериментов.
7. Развитие экологических исследований. Коэволюционная стратегия.
8. Нанотехнологии и приборы (технологическая компонента), политическая и социокультурная сферы организации исследований.

Занятие 10. Методологические принципы эффективного использования инновационных агротехнологий

Вопросы для изучения

1. Отличие современной технологии возделывания сельскохозяйственных культур от обычных. Обоснование уровня урожайности. Оптимизация процесса фотосинтеза.
2. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия как пример реализованной идеи.
3. Методологические принципы эффективного контроля за возможными негативными последствиями использования инновационных агротехнологий.
4. Особенности научных методов и требования к ним при экспертизе технологий.

5. Особенности организации и проведения мониторинговых исследований.

6. Современные исследовательские программы по агрономии. Программы исследований севооборотов, обработки почвы, борьбы с сорняками, внесения удобрений, посева, ухода, уборки.

7. Научограды и их место в решении фундаментальных проблем земледелия.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Кирюшин, В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов / В.И. Кирюшин. – М.: КолосС, 2011.

2. Кирюшин, Б.Д. Основы научных исследований в агрономии / Б.Д. Кирюшин. – М.: КолосС, 2009. – 397 с.

3. Личман Г.М. Основные принципы и перспективы применения точного земледелия, научное издание / Г.М. Личман, Н.М. Марченко, В.С. Дринча. – М.: Россельхозакадемия, 2004.

4. Сафонов, А.Ф. Системы земледелия / А.Ф. Сафонов [и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 447 с.

5. Семькин В. Биологизация земледелия в основных земледельческих регионах / В. Семькин. – КолосС, 2012.

Дополнительная

6. ГОСТ 16265-89. Земледелие. Термины и определения. – М., 1989.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Предыстория научной агрономии (Науки Земледелия).
2. Период развития агрономии под влиянием натурфилософии.
3. Развитие агрономии с глубокой древности, рабовладельческого строя, эпохи феодализма, капитализма.
4. Исследовательские программы эпохи открытия «законов земледелия». Философско-теоретический базис и методология программ.
5. Роль отечественных ученых в развитии научной агрономии.
6. Ученые естествоиспытатели и их вклад в развитие научной агрономии в конце XIX – начале XX века.
7. Классическое естествознание как методологическая матрица научной агрономии XIX и первой половины XX столетия. Эксперимент как критерий истинности знаний.
8. Первые работы по системам земледелия. Работы А.В. Советова по системам земледелия.
9. Дифференциация научной агрономии.
10. Методологические основы исследовательской программы А.Г. Дояренко.
11. На сколько групп по утверждению В.П. Нарциссова могут быть разбиты теории для совершенствования методологии научной агрономии.
12. Логические основы научной деятельности (на примере исследования объектов агрономии). Индуктивные и дедуктивные заключения.
13. Направление исследовательских программ современной агрономии.
14. Методологические основы современной агрономии.
15. История развития учения о научной агрономии с позиции современной методологии.
16. Исследовательские программы второй половины XX века. Развитие исследований на основе балансовой познавательной модели.
17. Законы земледелия и экологии, научная основа научной агрономии.
18. Роль агрономических теорий в разработке приемов практического земледелия.
19. Однофакторный эксперимент и его познавательные возможности.
20. Многофакторные эксперименты и их статистическое и техническое обеспечение.
21. Методы и средства закладки и проведения технологических опытов. Практика как критерий истинности знаний. Расширение исследований в производственных условиях.

22. Специфика программ исследований многолетних и длительных полевых опытов.
23. Понятие о системах и их признаки. Основные свойства систем. Классификация систем.
24. Состояние систем. Системный метод как основной метод исследования систем. Этапы системного анализа.
25. Понятие о системном методе (подходе) исследований. Холизм как философская основа системного метода. Примеры решения агрономических проблем с использованием системного метода.
26. Методы исследования в статике: по одному, множеству признаков. Исследования в разных масштабных пространственных уровнях.
27. Изучение системы через исследование свойств ее отдельных элементов (редукционизм).
28. Методология сравнительных исследований. Гипотетико-дедуктивный метод исследований.
29. Формулирование научной (рабочей) гипотезы исследования. Понятие плана и программы исследований.
30. Планирование эксперимента. Основные этапы.
31. Постановка цели и разработка задач исследования.
32. Анализ проблем и актуальность исследования.
33. Системы предварительного исследования как необходимый этап исследования объектов с повышенной пространственной неоднородностью. Требования к предварительному этапу исследований.
34. Примеры организации предварительных исследований по агрофизике, агрохимии и агрофитоценологии в условиях нормализованной и направленно ориентированной неоднородности.
35. Потребности и способы согласования схем опытов при создании динамических моделей агроэкосистем.
36. Новые проблемы в земледелии. Комплексные исследовательские программы междисциплинарного характера и моделирование.
37. Методы решения агрономических проблем. Глобальные и локальные проблемы и их связь с эффективностью земледелия.
38. Понятия о моделях и их классификация.
39. Основные этапы моделирования. Основные этапы процесса имитационного моделирования. Информационное обеспечение использования моделей.
40. Способы адекватности математических моделей и систем отбора проб объекту исследований.

41. Исследовательские программы на основе моделирования. Понятие о компьютерном экспериментировании.

42. Моделирование продуктивности и показателей плодородия почвы в рамках линейной научной парадигмы.

43. Информационные системы и их требования к организации сбора и обработки данных полевых экспериментов.

44. Методы организации исследований на базе технологии GPS.

45. Спутниковые системы, системы отбора проб, электронные карты и топоориентированные технологии возделывания растений. Экспресс-методы и приборы для определения показателей состояния растений и условий их произрастания.

46. Отличие современной технологии возделывания сельскохозяйственных культур от обычных. Обоснование уровня урожайности.

47. Биологические основы современных технологий. Оптимизация процесса фотосинтеза.

48. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия как пример реализованной идеи.

49. Особенности и требования к научным методам при экспертизе технологий. Особенности организации и проведения мониторинговых исследований.

50. Современные исследовательские программы по агрономии.

51. Программы исследований севооборотов, обработки почвы, борьбы с сорняками, внесения удобрений, посева, ухода, уборки.

52. Система институтов агрономической науки: исследовательские станции, университеты, кафедры.

53. Методологические принципы адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

54. Теоретические основы адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

55. Показатели оценки агроклиматических и ландшафтных условий территории.

56. Организация системы севооборотов на ландшафтной основе. Экологические правила проектирования.

57. Ландшафтно-экологические условия разработки систем земледелия и размещения культур.

58. Функции механической обработки почвы и их значение для различных почвенно-климатических условий. Классификация систем механической обработки почвы.

59. Задачи и принципы проектирования систем удобрений. Биологические методы повышения почвенного плодородия (сидерация, внесение нетоварной продукции, расширение посевов бобовых культур и другие).

60. Принципы формирования и возможности экологизации систем защиты растений от вредных организмов. Проектирование систем защиты растений.