

Основные этапы планирования эксперимента

1. Этапы научного эксперимента

Научные эксперименты и разработки, осуществляемые методом полевого эксперимента, включают три основных этапа:

- 1) планирование;
- 2) проведение полевых опытов, наблюдений и учетов;
- 3) обработку и обобщение полученных данных.

2. Программа исследований

Планирование – это определение задачи и объектов исследования, разработка схемы эксперимента, выбор земельного участка и оптимальной структуры полевого опыта.

Период, предшествующий исследованию, включает:

- 1) выбор темы, определение задачи и объекта исследования;
- 2) изучение современного состояния вопроса;
- 3) выдвижение рабочей гипотезы или ряда конкурирующих гипотез;

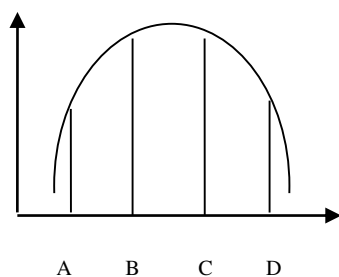
После выдвижения и обоснования рабочей гипотезы разрабатывают программу исследований в которой указывают: схему полевого опыта или нескольких опытов, условия проведения исследований, элементы методики и план эксперимента, технику закладки и агротехнику проведения опытов, сопутствующие наблюдения, их методику и объем работы, методы статистического анализа экспериментального материала.

В программе исследований первостепенное значение имеют схема и методика опыта. Составленная схема опыта показывает лишь число вариантов в ней, с помощью которых решается поставленная задача.

3. Планирование схемы однофакторного опыта

В общем виде схему однофакторных опытов с качественными градациями (опыты по изучению и оценке сортов и культур, способов посева и обработки почвы, предшественников, разных форм удобрений, пестицидов и т.д.) можно записать так: А, В, С, ... , Z. При разработке схем однофакторных опытов, в которых варианты различаются качественно, важно выдержать принцип единственного различия, правильно выбрать контрольный вариант (стандарт) и определить оптимальные агротехнические условия эксперимента (фон).

Для схем однофакторных полевых опытов с количественными градациями (опыты с дозами удобрений, глубиной обработки почвы, нормами посева семян и т.п.) важно так составить схему опыта, чтобы на основании экспериментальных точек можно было построить кривую отзывчивости (отклика), которая будет характеризовать зависимость урожая от изменения изучаемых градаций фактора. Обычно достаточно иметь 5–8 уровней (доз, градаций) изучаемого фактора. При этом важно так установить основной уровень, т. е. ту центральную точку на кривой отзывчивости, чтобы по мере движения к экстремальным (крайним) значениям эксперимент охватывал бы лимитирующую стационарную и ингибирующую области этой кривой (рис. 1).



AB – лимитирующая область,
 BC – стабилизирующая область,
 CD – ингибирующая область.

Рис. 1. Кривая отзывчивости

В общем виде схему однофакторного опыта по изучению градаций (доз) фактора А можно представить так: $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$. Здесь индексами 0, 1, 2, ..., n обозначены градации фактора А в условных единицах, где 0 – низшая, нулевая градация. Например, при изучении отзывчивости озимой пшеницы на пять уровней питания (0 – без удобрений, 1 – $N_{60}P_{60}K_{60}$, 2 – $N_{120}P_{120}K_{120}$, 3 – $N_{180}P_{180}K_{180}$, 4 – $N_{240}P_{240}K_{240}$).

4. Планирование схемы многофакторного опыта

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

В 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 из сомножителей указывает на число градаций данного фактора. Например, при изучении двух видов удобрений (азотных и фосфорных) в двух градациях (дозы 0 в 1) схема факториального опыта будет следующей: 0, N, P, NP. Этот опыт позволяет определить эффекты N, P, NP и взаимодействие NP.

Планирование полных факториальных схем облегчается использованием специальной символики (кодирования) вариантов. Изучаемые факторы обычно обозначают заглавными латинскими буквами А, В, С, D и т. д., а их градации – цифрами 0, 1, 2, 3 и т. д. Кодирование позволяет все разнообразие схем многофакторных опытов свести к ряду стандартных таблиц, получивших название матриц планирования. Число столбцов в таблице соответствует числу факторов, а число строк – числу вариантов.

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

Существенный недостаток полных факториальных схем – их многовариантность и связанные с этим затруднения практического осуществления опыта. Закладка опыта с большим

числом вариантов требует выделения крупного земельного участка, что существенно увеличивает ошибку и усложняет техническое проведение эксперимента.

5. Планирование схемы многолетнего стационарного опыта

Особенно широко многолетние опыты используются в исследованиях по сравнительной оценке севооборотов, систем обработки и удобрения, в экспериментах с плодовыми и другими многолетними растениями.

Планирование многолетних опытов осуществляется в два этапа:

- 1) разрабатывается основная схема,
- 2) разрабатывается методика развертывания эксперимента во времени и на территории.

Первый этап планирования многолетнего эксперимента не отличается от планирования схем краткосрочных опытов. Схема долгосрочного стационара может быть однофакторной или многофакторной с качественными или количественными градациями факторов.

В опытной сети получили распространение следующие системы развертывания многолетних опытов на территории и во времени.

1. Опыт развертывается сразу на всех полях севооборота, что дает значительный выигрыш во времени и ежегодно обеспечивает получение информации по каждой культуре севооборота.
2. Опыт развертывается сразу, но только на нескольких, обычно двух-четырех полях, но нередко и на одном поле многопольного севооборота.
3. Опыт развертывается постепенно при ежегодном введении в эксперимент какого-либо одного поля.

6. Планирование методики опыта

Планируя полевой опыт, всегда нужно помнить, что урожай должен быть учтен в короткие сроки сплошным методом.

Важно правильно ориентировать делянки на территории опытного участка.

В полевом эксперименте наименьшая существенная разница примерно равна утроенной ошибке среднего, и, следовательно, ошибка опыта должна быть втрое меньше предполагаемых минимальных эффектов вариантов.

Большую часть простых однофакторных и маловариантных многофакторных опытов проводят при 4–6-кратной повторности; 6–8 повторностей применяют в опытах, которые закладывают на небольших делянках (2–10 м²) и недостаточно выравненных земельных участках; повторность свыше 8-кратной используют в отдельных случаях, например, на первых этапах селекции.

Многовариантные факториальные опыты, спланированные на основе теории смешивания, проводят в 2–3 кратной повторности с группировкой вариантов в блоки.

Повторность и размер делянок в полевом опыте должны быть согласованы так, чтобы обеспечить оптимальные агротехнические условия и низкую ошибку эксперимента. Ошибка заложенного опыта будет тем меньше, чем больше повторность, и, следовательно, меньше площадь делянки. Увеличение размера делянки при неизменной общей площади под опытом ведет к уменьшению повторности и увеличению ошибки эксперимента.

7. Планирование наблюдений и учетов

Полевые опыты сопровождаются однократными и периодическими количественными и качественными наблюдениями за растениями и условиями внешней среды. В зависимости от задач исследования могут преобладать полевые или лабораторные наблюдения (анализы) или за растениями, или за факторами и условиями их развития.

Опыт должен сопровождаться не стандартным набором наблюдений, а теми наблюдениями, без которых нельзя понять изучаемое явление и объяснить получение тех или иных прибавок урожая или характер изменения его качества.

Сроки и периодичность проведения наблюдений и учетов определяются целью исследования и техническими возможностями. Для общей характеристики агрофизических свойств почвы исследования лучше проводить в период роста культурных растений, а для учета засоренности почвы семенами сорных растений, учета общего количества растительных остатков и агрохимической характеристики почвы – до посева и после уборки урожая.

При исследовании динамики какого-либо процесса целесообразнее установить календарные сроки для взятия образцов, наблюдений и учетов, отделенных друг друга равными промежутками времени. Наиболее ответственные наблюдения проводят с интервалами в 1–2 недели. Если есть основания считать происходящие во времени изменения незначительными, то можно увеличить интервалы до 3–4 недель, но с таким расчетом, чтобы за весь период исследования иметь 4–5 дат.

8. Планирование отбора проб

Если определение тех или иных показателей в полевом опыте является важной задачей и необходима статистическая оценка полученных данных, то рационально планировать отбор проб на всех или минимум на двух-трех повторениях. Образцы с параллельных делянок следует анализировать отдельно. Если же исследование проводят только для общей характеристики опытного участка и статистическая обработка данных не требуется, можно объединить все образцы с параллельных делянок в один смешанный образец.

В опытах, спланированных по полным факториальным схемам с достаточно большим числом градаций изучаемых факторов, статистический анализ данных наблюдений (анализов) может быть проведен и в том случае, если пробы отбираются на всех вариантах только одного повторения.

При установлении количества учетных площадок и проб с делянки следует учитывать не только величину обследуемой площади, но и степень изменчивости признака. Во всех случаях число учетных единиц – растений, проб почвы, замеров глубины обработки почвы, площадок для подсчета культурных и сорных растений и т. д. – должно быть достаточным, чтобы охватить всю внутриделяночную вариабельность, т. к. ошибки, связанные с отбором почвенных и растительных проб, часто достигают 80–90 % по отношению к суммарной ошибке определения, принятой за 100 %.

При площади делянки 100–200 м² необходимо отбирать 8–12 проб (площадок). В опытах с площадью делянок меньше 100 м² количество проб можно сократить до 6–8, а если площадь делянок больше 200 м², число проб следует увеличить до 15–20.

Чтобы обеспечить представительность отбираемой выборки, необходимо включать все объекты в выборку случайно, а не подбирать «типичные», по его представлениям, пробы.