

Лекция 4 ПЛАНИРОВАНИЕ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

1. Методические требования к полевому опыту
2. Виды полевых опытов
3. Элементы полевого опыта

Вопрос 1

Особенность полевого опыта, отличающая его от других методов исследования, состоит в том, что культурное растение изучают вместе со всей совокупностью почвенных, климатических и агротехнических факторов, очень близких к производственным, или непосредственно в производственных условиях. Только полевой опыт может установить связь между урожаем и средствами воздействия на него. Кроме того, существуют вопросы, которые вообще не могут быть изучены вне полевой обстановки, вне полевого опыта, например система обработки почвы и ухода за растениями, севооборот, применение удобрений в севообороте, сочетание удобрений и гербицидов с другими агротехническими приемами, механизация уборки и т.д. Ценность результатов полевого опыта зависит от соблюдения определенных методических требований. Важнейшие из них следующие:

- 1) типичность опыта;
- 2) соблюдение принципа единственного различия;
- 3) проведение опыта на специально выделенном участке;
- 4) учет урожая и достоверность опыта, по существу.

Под типичностью, или репрезентативностью, полевого опыта понимают соответствие условий его проведения почвенно-климатическим (природным) и агротехническим условиям данного района или зоны. Любой полевой опыт должен отвечать требованию почвенно-климатической типичности. Совершенно очевидно, что нет смысла изучать приемы повышения плодородия почв в опыте, расположенном на песчаных почвах, если результаты работы предполагается использовать на глинистых почвах. Что касается второго требования, а именно соответствия условий проведения опыта агротехническим, производственным условиям, то он в различных полевых опытах выполняется по-разному. Полностью это требование выдерживается в полевых опытах, которые проводят непосредственно в производственной обстановке. Однако в ряде случаев, особенно на первых этапах исследования (ограниченное количество семян, нового вида гербицида, удобрения и т.д.), это требование выполняется неполностью и полевой опыт проводят в некотором отрыве от типичных производственных условий. В понятие «типичность» для агротехнического полевого опыта входит также требование проводить исследование с районированными (или перспективными) сортами и типичными для данной зоны культурами. Агротехнические опыты с экологически неприспособленными 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 относится также требование проведения полевого опыта при общем высоком уровне агротехники; опыты при низком уровне агротехники не имеют большой производственной ценности.

Несмотря на несложные принципиальные подходы к постановке опытов по принципу единственного различия в практике опытного дела как при разработке схемы, так и при постановке и истолковании результатов полевого опыта, возникают значительные затруднения. Следует иметь в виду, что полное сохранение равенства всех условий, кроме изучаемого, оказывается невозможным из-за тесной связи и взаимозависимости между разными факторами жизни растений и почвы и действующими на них агротехническими приемами. Например, при изменении глубины обработки почвы изменяется ее влажность, температура, воздушный режим, биологическая деятельность и питательный режим. Но значит ли это, что принцип единственного логического различия (только глубина обработки) неверен? Нет. Для того чтобы признать изменение в результате опыта как следствие тех изменений, которые произошли в изучаемом факторе, вовсе не нужно постоянное равенство в состоянии всех других не изучаемых условий в течение всего опыта, достаточно, чтобы такое равенство имелось до опыта т.е. до того момента, когда внесены изменения в изучаемый фактор. Изменения же, которые происходят под его влиянием в не изучаемых условиях, необходимо рассматривать как функции произведенного изменения в изучаемом факторе. Принцип единственного логического различия — неперемutable условие научного эксперимента. Но единственное различие не следует понимать механически, под этим принципом понимается главное, изучаемое различие. Поясним это примером.

Предположим, в опыте сравниваются два сорта пшеницы, которые вследствие биологических особенностей по-разному реагируют на изменение 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 урожай не при одинаковых, а наиболее соответствующих, оптимальных для каждого сорта нормах посева. Сходные вопросы возникают и в других случаях — в отношении сроков посева, уборки, обработки почвы, удобрения и т. д. Во всех этих случаях принцип единообразия должен пониматься как принцип целесообразности и оптимальности. Требование проведения полевого опыта на специально выделенном участке с хорошо известной историей — это логическое следствие требования принципа единственного различия. Оно также обязательно для любого полевого опыта. В практике опытного дела это требование методики нередко игнорируют, опыты закладывают на участках, история которых неизвестна, в связи с чем результа-

ты таких опытов невозможно понять, интерпретировать и тем более использовать. Требование методики проводить опыты на специально выделенном участке чаще всего нарушается производителями.

Требование учета урожая и достоверности опыта. Урожай и качество сельскохозяйственных растений — главный объективный показатель при характеристике изучаемых в опыте вариантов. В результате учета урожая, который отражает и интегрирует действие на растение всех условий возделывания, становится возможным количественно установить влияние тех факторов, которые изучаются в данном опыте. Однако данные учета урожая и оценки его качества могут иметь реальный смысл и объективно отражают изучаемое явление только в том случае, если опыт достоверен, по существу. Под достоверностью опыта, по существу, понимают логически правильно построенную схему и методику проведения опыта, соответствие их поставленным перед исследованием задачам, правильный выбор объекта и условий проведения данного опыта. Совершенно очевидно, что опыты, проведенные по неправильно разработанной схеме и методике, при несоответствующих данному исследованию условиях или с нарушением методики и техники, т. е. опыты, недостоверные по существу, искажают эффекты изучаемых вариантов и не могут быть использованы для их сравнительной оценки. Такие опыты следует браковать.

При проведении опыт экспериментатор обычно, встречается тремя видами ошибок—случайными, систематическими и грубыми. Ошибка — это расхождение между результатами выборочного наблюдения и истинным значением измеряемой величины. Оценка истинного значения результативного признака, например урожая, по полученным в полевом опыте данным является одной из основных задач математической статистики. Чтобы правильно решить эту задачу, необходимо знать основные свойства ошибок и причины их возникновения.

Случайные ошибки—это ошибки, возникающие под воздействием очень большого числа факторов, эффекты действия которых столь незначительны, что их нельзя выделить и учесть в отдельности. Любой полевой опыт содержит в себе некоторый элемент случайности, т. е. изменчивость получаемых данных обусловлена в какой-то степени неизвестными нам причинами — случайными ошибками.

Случайное варьирование опытных данных — постоянный спутник полевых опытов, и ни в одном из них, как бы тщательно он ни проводился, нельзя получить абсолютно точные данные. Таким образом, случайные ошибки являются неизбежными, однако математическая статистика дает методы количественного определения величины случайных ошибок, совокупность которых при большому числу наблюдений подчиняется закону нормального распределения, а при ограниченном числе параллельных наблюдений — закону χ^2 -распределения Стьюдента. На основании этих законов распределения случайных ошибок устанавливается, на сколько существенны разности между средними показателями, например урожаями по вариантам.

Характерная особенность случайных ошибок — их тенденция взаимно погашаться в результате приблизительно одинаковой вероятности как положительных, так и отрицательных значений, причем малые значения встречаются чаще, чем большие. Благодаря такой тенденции к взаимному погашению разнонаправленных случайных ошибок при обобщении данных и выведении средних показателей погрешности уменьшаются по мере увеличения числа наблюдений.

Систематические ошибки искажают измеряемую величину в сторону преувеличения или преуменьшения в результате действия вполне определенной постоянной причины. В полевом опыте такой причиной часто является закономерное варьирование не изучаемых факторов, например плодородия почвы, и лимитировать их действие на результативный признак можно путем правильной методики.

Основную особенность систематических ошибок составляет их односторонность, т. е. они завышают или занижают результаты опыта. Это приводит к тому, что такие ошибки в отличие от случайных не имеют свойства взаимопогашения и, следовательно, целиком входят как в показания отдельных наблюдений, так и в средние показатели.

Грубые ошибки, или промахи, возникают чаще всего в результате нарушения основных требований к полевому опыту, недосмотра или небрежного и неумелого выполнения работ. Например, исполнитель опыта по небрежности дважды внес удобрение на одну и ту же делянку, перепутал делянки при взвешивании урожая, неправильно записал его массу и т. д. Подобные ошибки ни при каких условиях не могут быть «погашены», компенсированы, и остается только забраковать испорченные делянки, повторения или весь опыт. Избежать грубых ошибок можно продуманной, тщательной организацией и проведением полевого опыта.

Для математической обработки и обоснованных выводов можно использовать лишь те результаты полевых опытов, которые не содержат грубых и систематических ошибок. Неустранимость же случайных ошибок из данных полевого опыта и возможность их количественной оценки ведут к тому, что все выводы по результатам эксперимента имеют вероятностный характер.

Вопрос 2

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 и вредителями, норм и сроков посева и т. д.

Опыты по сортоиспытанию, где сравниваются при одинаковых условиях генетически различные растения, служат для объективной оценки сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. На основании 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 схемы агротехнических опытов с удобрениями, обработкой почвы и севооборотами часто включают несколько перспективных сортов.

В зависимости от количества изучаемых факторов, охвата почвенно-климатических условий, длительности и места проведения полевые опыты подразделяют на несколько видов: однофакторные и многофакторные, единичные и массовые (географические), краткосрочные, многолетние и длительные, эксперименты, заложенные на специальных опытных полях и в производственной обстановке.

Если в опыте изучается один простой или сложный (составной) количественный фактор в нескольких градациях (дозы удобрения, пестициды, нормы посева, полива и т. п.) или сравнивается действие ряда качественных факторов (разные культуры, сорта, способы обработки, предшественники и т.п.), то такой эксперимент называют простым, или однофакторным.

Опыты, в которых одновременно изучают действие и устанавливают характер и величину взаимодействия двух и более факторов, называют многофакторными. Взаимодействие факторов — это дополнительная прибавка (или снижение) урожая, которая получается при совместном применении двух и более факторов.

Опыты называют единичными, если их закладывают в отдельных пунктах, независимых друг от друга, по различным схемам. Если полевые опыты одинакового содержания проводят одновременно по согласованным схемам и методикам в различных почвенно-климатических и хозяйственных условиях, в масштабе страны, области или района, то их называют массовыми или географическими. Широкие географические опыты с сортами проводит Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, с удобрениями — Государственная агрохимическая служба и Географическая сеть опытов с удобрениями.

По длительности проведения полевые опыты разделяют на краткосрочные, многолетние и длительные.

К краткосрочным относят опыты продолжительностью от 3 до 10 лет. Они могут быть нестационарными и стационарными. Первые закладывают ежегодно по неизменной схеме с одной и той же культурой на новых участках и повторяют во времени обычно 3 — 4 года. Этого периода считается достаточно для учета влияния условий погоды на эффективность какого-либо приема. Вторые закладывают на стационарных участках и проводят в течение 4 — 10 лет.

К многолетним относят однофакторные и многофакторные стационарные полевые опыты продолжительностью 10 — 50, к длительным — более 50 лет. Основная задача многолетних и длительных стационарных экспериментов — изучение действия, взаимодействия и последствий систематически осуществляемых агротехнических приемов или комплексов их на плодородие почвы и качество продукции. Многолетние и длительные опыты незаменимы при изучении физико-химических и биохимических процессов, медленно протекающих в почве и агрофитоценозах — расчетах баланса питательных веществ, учете потерь элементов питания и возможных масштабов загрязнения окружающей среды. Многолетняя повторность как бы «спрессовывает время», ведет к выявлению качественно, новых закономерностей, которые невозможно установить в краткосрочных опытах. Результаты этих опытов нередко противоречат общепринятым представлениям, но именно эти необычные на первый взгляд данные, эти противоречия и указывают новые направления для научных поисков и разработок. Во всех развитых странах мира многолетние и длительные полевые опыты широко используются для решения фундаментальных вопросов земледелия, для глубоких комплексных исследований, демонстрации роли основных факторов и условий жизни растений.

Вопрос 3.

Под методикой полевого опыта подразумевают совокупность слагающих ее элементов: число вариантов, площадь делянок, их форму и направление, повторность, систему размещения повторений, делянок и вариантов на территории, метод учета урожая и организацию опыта во времени.

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

С увеличением числа вариантов увеличивается площадь под опытом, возрастает пестрота почвенного плодородия и расстояние между сравниваемыми вариантами, так как в этом случае труднее уложить опыт или его отдельные повторения в пределах однородной по почвенному плодородию площадки. Все это и ведет к увеличению ошибки опыта.

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

Повторностью опыта на территории называют число одноименных делянок каждого варианта, а повторностью опыта времени — число лет испытаний новых агротехнических приемов или сортов. Территориальная повторность дает возможность полнее охватить каждым вариантом опыта пестроту земельного участка и получить более устойчивые и точные средние, а повторность во времени позволяет установить действие, взаимодействие или последствие изучаемых факторов в разных метеорологических условиях. При увеличении повторности заметно снижается ошибка опыта. Особенно сильно ошибка снижается при увеличении повторности до 4 — 6-кратной. Дальнейшее повышение повторности сопровождается менее значительным уменьшением ошибки. Увеличение числа повторных делянок сильнее уменьшает ошибку опыта, чем соответствующее увеличение площади делянки при неизменной повторности.

Площадь делянки. Полевой опыт ставят на делянках, имеющих определенный размер и форму. Делянки служат для размещения на них изучаемых и контрольных вариантов. Часто размеру делянки в опытном деле придается значительно большее значение, чем он того заслуживает. Увлечение большими делянками (до 1 га и больше), наблюдавшееся у нас в тридцатых годах, кроме снижения точности исследований и увеличения затрат на проведение опытов, ничего не принесло и быстро пошло на убыль. Во всех странах в практике опытной работы крупные делянки, характерные для начальной стадии развития опытного дела, постепенно вытесняются более мелкими, позволяющими проводить исследования экономнее, быстрее и в большем объеме. Теоретически можно ожидать, что увеличение площади делянки может иметь определенное значение постольку, поскольку на небольшой площади может разместиться малое число растений и индивидуальные различия их не будут компенсированы числом. Поэтому чем крупнее высеваемое растение, тем больше должна быть минимальная площадь делянки, но когда размер ее превышает площадь, на которой может располагаться нужное число растений, дальнейшее увеличение не может иметь существенного значения для точности опыта.

В практике опытного дела в нашей стране наиболее широко используются делянки размером 50 — 200 м², а на первоначальных этапах исследовательской работы 10 — 50 м². Делянки меньше 10 м² обычно применяют в так называемых микролевых опытах, например при селекции растений, когда очень важно экономить посевной материал. При установлении размера делянки следует учитывать особенности агротехники растений: ширину междурядий, густоту стояния и т. п. Для пропашных культур минимальный размер делянки должен быть достаточным, чтобы исключить влияние изменчивости отдельных растений на точность опыта. В литературе чаще всего указывается как минимум 80 — 100 растений; по данным некоторых исследователей, для картофеля достаточно 40 — 50 и для кукурузы 60 учетных растений на делянке. Общее правило

таково, что чем больше выращивается растений на единице площади, тем меньше может быть площадь делянки. Так, у льна достаточно хорошая точность опыта достигается при площади учетной делянки 20...25 м², у зерновых — 40...60, а у пропашных — 50...100 м².

Защитные полосы. Различают боковые и концевые защитные полосы. Боковые защитки выделяют вдоль длинных сторон делянок для исключения влияния растений соседних вариантов, которое тем значительнее, чем больше растения различаются по своему развитию. Особенно сильно влияние соседних вариантов проявляется в опытах с удобрениями, способами обработки почвы, предшественниками и орошением. В большинстве случаев ширину боковой защитной полосы, которую убирают перед уборкой учетной площади, устанавливают в пределах 0,5 — 1,5 м. Иногда, например, в опытах с орошением или с различными гербицидами (при опрыскивании) ширину защитной полосы приходится увеличивать до 2—3 м и более.

Направление делянки. Достоверность опыта во многом зависит от направления делянок, т. е. от ориентации их на опытном участке. Сравнение изучаемых вариантов будет правильным, если опытные делянки располагать длинной стороной в том же направлении, в каком сильнее всего изменяется плодородие почвы. В этом случае все варианты будут поставлены в одинаковые условия сравнения и оценка их эффективности будет неискаженной. При любой другой ориентации делянок они в разной степени будут охватывать изменчивость плодородия земельного участка, что отрицательно скажется на точности опыта и затруднит объективную оценку его результатов.

Форма делянки. Говоря о форме делянки, обычно имеют в виду отношение ее длины к ширине. Делянки называют квадратными при отношении сторон, равном 1 (10×10 или 5×5 м); прямоугольными — при отношении длины к ширине больше 1, но меньше 10 (5×20 или 4×20 м); удлиненными — при отношении более 10 (2,5×40 м или 4×60 м). Данные рекогносцировочных посевов позволили установить, что длинные узкие делянки полнее охватывают пестроту земельного участка и обеспечивают лучшую сравнимость вариантов опыта. Эффект от удлинения наиболее сильно проявляется при отношении сторон в пределах 1:10 — 1:15. Дальнейшее удлинение, не дает существенных положительных результатов и бывает целесообразным лишь с точки зрения технологического удобства, например, в сортоиспытании, при постановке опытов со сроками, способами и нормами посева и др.

Размещение делянок. Можно выделить три основные группы методов размещения вариантов по делянкам опытного участка: стандартные, систематические и рендомизированные (случайные).

Стандартные методы основаны на том, что плодородие опытного участка изменяется постепенно, и между урожаями ближайших делянок наблюдается корреляционная связь. В стандартных методах каждый изучаемый вариант сравнивают со своим контролем, урожай которого вычисляют способом линейной интерполяции, находя промежуточные значения функции на основании

предположения о постепенном изменении плодородия почвы земельного участка.

Систематическое размещение вариантов — это такое расположение опыта, когда порядок следования вариантов в каждом повторении подчиняется определенной системе. Имеется много способов размещения вариантов поэтому методу. В настоящее время распространены два — последовательный в один ярус, а шахматный при расположении повторений в несколько ярусов. Наиболее простым является последовательное расположение делянок в один ярус. Варианты на делянках всех повторений располагаются в той последовательности, которая заранее установлена исследователем на основании главным образом организационно-технических причин — удобства обработки почвы, внесения удобрений, посева, ухода, уборки и т.п. Если, например в первом повторении для опыта из пяти вариантов намечен порядок 1, 2, 3, 4, 5, то этот же порядок сохраняется во всех остальных повторениях.

Рендомизированное размещение вариантов предложено Р.А.Фишером (Англия) на основании предпосылок разработанного им дисперсионного анализа. Такое размещение способствует лучшему охвату каждым вариантом пестроты плодородия почвы, как бы разрушает возможное систематическое изменение плодородия внутри повторения и исключает его одно направленное влияние на результаты опыта. Использование случайных способов распределения — одна из характерных особенностей современного периода развития методики полевого эксперимента. В опытах, где варианты размещены систематически, мы в сущности лишаемся возможности опираться при оценке данных на достаточно надежный критерий существенности, используемый в дисперсионном анализе.