

Основные элементы методики эксперимента

1. Понятие о методике полевого опыта

Под методикой полевого опыта подразумевают совокупность слагающих ее элементов:

- числа вариантов;
- площади, формы и направления делянок;
- повторности на площади и во времени;
- способов размещения вариантов, делянок и повторений;
- методики наблюдений и учета урожая;
- статистического анализа результатов опыта.

Для одного и того же опыта можно составить несколько методик, но для работы необходимо выбрать одну, наиболее целесообразную, на все годы проведения данного опыта.

2. Число вариантов

Варианты опыта могут быть количественными (дозы удобрений, нормы орошения, площади питания растений, глубина вспашки и т. д.) и качественными (сорта культур, типы почв, формы удобрений и т. п.).

Варианты опыта можно также подразделить на изучаемые, контрольные (стандартные), не изучаемые (фоны).

Перечень подобранных вариантов с определенными контролями (стандартами), объединенных конкретной темой составляет схему опыта.

Число вариантов в схеме опыта должно быть оптимальным для конкретной темы и условий опыта. В однофакторном опыте минимальное число вариантов равно 5.

При разработке схемы необходимо стремиться к тому, чтобы в опыте было 12–16 вариантов. В опытах с качественными вариантами, например, сортами, число вариантов определяется наличием районированных и перспективных сортов, т. е. их может быть несколько десятков.

Если вариантов в опыте очень мало, например, 2–3, то необходима более высокая повторность, чтобы иметь достаточное число наблюдений для правильной оценки ошибки опыта.

Число вариантов не влияет на типичность опыта, но может существенно сказаться на его ошибке, так как опыт с большим числом вариантов будет занимать большую площадь, следовательно, также возрастет пестрота почвенного плодородия. На участках с сильным варьированием плодородия почвы число вариантов обычно сокращают до минимально возможного.

3. Повторность

Точность полевого эксперимента определяется повторностью опыта на территории и во времени.

Повторностью опыта на территории называют число одноименных делянок каждого варианта, а повторностью опыта во времени – число лет испытаний новых агротехнических приемов или сортов.

Большую часть однофакторных и простых многофакторных опытов с качественными вариантами (сорта, предшественники, способы обработки почвы, севообороты и т.д.), проводят при 4–6-кратной повторности. 6–8-кратную повторность следует применять в опытах, которые закладывают на небольших делянках (2–10 кв. м) и недостаточно выравненных земельных участках. Повторность свыше 8-кратной используется только в особых случаях, например, для доказательства незначительных эффектов вариантов (микроудобрения, стимуляторы роста).

Многофакторные многовариантные опыты по изучению действия и взаимодействия количественных факторов в широком диапазоне их градаций (4–6 доз) можно проводить в 2–3-кратной повторности методом блоков, используя теорию смешивания для группировки вариантов в блоки.

Проведение опытов без повторности допустимо в предварительных, рекогносцировочных и демонстрационных опытах.

Результаты полевого эксперимента сильно зависят от метеорологических условий года, поэтому для получения надежных результатов необходимо повторять полевые опыты во времени.

Повторность во времени краткосрочного опыта должна составлять не менее 3 лет, долгосрочного (опыты в севооборотах, изучение изменения запасов гумуса и плодородия почвы) – не менее десяти лет.

4. Повторение

Полевые опыты обычно располагают на площади земельного участка методом организованных повторений. Суть его заключается в том, что делянки с полным набором всех вариантов схемы объединяют территориально в компактную группу, составляя определенным образом организованное повторение, которое занимает часть площади участка.

Применяют два способа размещения организованных повторений:

- сплошное, когда все повторения объединены территориально;
 - разбросанное, когда повторения по одному или по несколько расположены в разных частях поля или даже в различных полях и опытный участок не имеет одной общей границы.
- К этому способу расположения повторений чаще всего прибегают вынужденно при отсутствии в одном месте достаточного земельного участка, где можно было бы разместить все повторения в непосредственной близости друг от друга, например, в районах с очень невыровненным рельефом. Однако повторения иногда разбрасывают умышленно, например, в опытах по изучению эрозии почвы, оценке новых приемов или сортов в разных почвенных и агротехнических условиях.

Опыты могут размещаться на земельном участке и без территориального объединения вариантов в компактные группы – повторения, а полностью случайно. Такое размещение называют методом неорганизованных повторений или полной рендомизацией.

Обычно все повторения полевого опыта размещают на одном опытном участке, т. е. применяют сплошное расположение их в один, два, три или больше ярусов.

5. Площадь делянки

Полевой опыт ставят на делянках, имеющих определенный размер и форму. Делянки служат для размещения в них изучаемых и контрольных вариантов.

Опытная делянка состоит из учетной и защитной частей. Размер опытных делянок обычно указывают по их учетной части. Точность опыта повышается по мере увеличения размера делянки примерно до 100 кв. м, дальнейшее ее увеличение незначительно повышает точность опыта.

Площадь делянок зависит от вида опыта: в микроопытах – менее 1 кв. м, в мелкоделяночных – 1–10, в лабораторно-полевых – 10–50, в полевых – 50–200 кв. м. Размер делянок опытов, заложенных в производственных условиях, варьирует в широких пределах – от 2000 кв. м до 1–2 га.

На размер делянок влияет тема исследований. В опытах по изучению сроков посева, глубины заделки семян и т. п. используют делянки площадью 50–100 кв. м, при изучении вопросов обработки почвы размер делянки увеличивают до 200–400 кв. м. На первых стадиях селекционной работы, когда имеется ограниченное количество семян, используют делянки размером 0,5–2 кв. м, в малых сортоиспытаниях – 5–10 кв. м, конкурсное сортоиспытание проводят обычно уже на делянках площадью 50–100 кв. м.

При установлении размера делянки следует учитывать особенности агротехники растений: ширину междурядий, густоту стояния и т. п. 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 кв. м, у зерновых – 40–60, а у пропашных – 50–100 кв. м.

Чем больше повторность в опыте, тем меньше размер опытных делянок, при уменьшении повторности размер делянок увеличивают. Так, при 3–4-кратной повторности в опыте с зерновыми культурами размер делянок составляет 50–75 кв. м, при 5–6-кратной повторности – 20–30 кв. м.

При большом числе вариантов целесообразно уменьшать размер делянок, но увеличить повторность (для уменьшения варьирования почвенного плодородия).

6. Защитные полосы

Различают боковые (продольные) и концевые (поперечные) защитные полосы. Чем сильнее влияние агроприемов, тем шире должны быть защитки. В пределах одного опыта ширина защитных полос должна быть одинаковой.

Боковые защитки выделяют вдоль длинных сторон делянок для исключения влияния растений соседних вариантов. В большинстве случаев ширину боковой защитной полосы устанавливают в пределах 0,5–1,5 м, в опытах с орошением или с различными гербицидами – до 2–3 м и более. В опытах по сортоиспытанию влиянием растений соседних делянок пренебрегают, и боковые защитные полосы не выделяют.

Концевые защитки шириной не менее 2 м выделяют для предохранения учетной части делянки от случайных повреждений. Для разворота машин и орудий с обоих концов делянок выделяют защитные полосы шириной не менее 5 м.

Без защитных полос можно проводить опыты на делянках очень малого размера (мелкоделяночные опыты). Для разграничения вариантов и проведения работ здесь оставляют дорожки шириной 30–40 см.

Обязательно следует создавать защитки вокруг площади всего опыта для защиты его от потрав животными и других повреждений. Если опытный участок расположен возле проезжих дорог, защитные полосы должны составлять 5–10 м и более.

7. Форма делянки

Форма делянки подразумевает ее длины к ширине. Делянки называют квадратными при отношении сторон, равном 1 (10×10 м 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).

Опытные делянки обычно имеют прямоугольную или удлиненную форму с разным соотношением сторон. Делянки условно считают короткими, если их длина превосходит ширину в 2–10 раз, и длинными, если длина в 10 раз и более превышает ширину. Точность исследований при удлиненных делянках значительно выше, поэтому удлиненные делянки более эффективны.

Для удобства проведения работ (обработка почвы, посев, уход, уборка и т. п.) ширину делянки целесообразно устанавливать кратной ширине рабочих захватов сельскохозяйственных машин, особенно посевных и уборочных.

Квадратная форма делянки предпочтительнее прямоугольной и вытянутой в опытах, где смежные варианты могут сильно влиять друг на друга (например, в опытах при изучении химических средств борьбы с болезнями и вредителями).

Оптимальное соотношение длины и ширины делянки зависит и от размера самой делянки: для делянок площадью 20–200 кв. м лучшим соотношением является 5–10, а для делянок большего размера – 10–20.

Форму опытного участка следует предпочесть близкую к квадрату. В этом случае при любой системе расположения делянок расстояние между вариантами опыта будет минимальное и сравнимость их между собой будет лучшей.

8. Направление делянки

Достоверность опыта во многом зависит от направления делянок, т. е. от ориентации их на опытном участке. Опытные делянки следует располагать длинной стороной в том же направлении, в каком сильнее всего изменяется плодородие почвы.

При расположении опыта на склоне направление длинных сторон делянок надо ориентировать вдоль, а не поперек склона. В опыте на полях с поперечными лесными полосами делянки располагают длинной стороной перпендикулярно к лесной полосе.

При закладке опытов на выровненных по плодородию участках направление делянок не оказывает влияния на точность опыта и определяется техническими условиями проведения эксперимента.

9. Классификация методов размещения вариантов на опытном участке

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

Стандартные методы характеризуются более частым, обычно через 1–2 опытных варианта, расположением контроля, стандарта.

Систематические методы предусматривают неизменный порядок расположения вариантов в каждом повторении.

При случайных методах порядок вариантов определяется путем рендомизации, т. е. размещения их внутри каждого повторения случайно, по жребию.

10. Стандартный метод размещения вариантов

Стандартные методы размещения полевого опыта иногда подкупают простотой и предполагаемой возможностью устранить влияние пестроты плодородия почвы и тем самым свести к минимуму ошибки эксперимента (рис. 1).

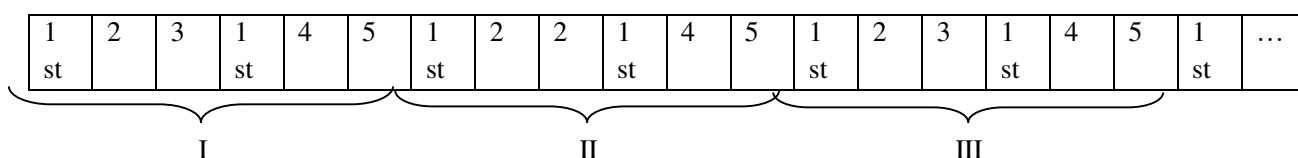


Рис. 1. Стандартный метод размещения вариантов

Стандартный метод имеет следующие недостатки:

1) не всегда наблюдается тесная корреляционная зависимость между урожаями рядом расположенных делянок.

2) очень трудно сравнивать опытные варианты, далеко расположенные друг от друга, что бывает при большом числе (свыше 10–12) вариантов.

3) стандартные методы характеризуются большой громоздкостью и нерациональным использованием земельной площади, особенно при большом числе изучаемых вариантов (при размещении стандарта через два опытных варианта около 40 %, а через один – более 50 % всей площади опыта занято стандартными делянками).

Отмеченные недостатки не способствовали широкому распространению стандартных методов в опытной работе. Стандартные методы иногда используются селекционерами.

11. Систематический метод размещения вариантов

Систематическое размещение вариантов – это такое расположение опыта, когда порядок следования вариантов в каждом повторении подчиняется определенной системе.

Способы размещения вариантов по этому методу – последовательный в один ярус (рис. 2), шахматный в несколько ярусов (рис. 3).

Наиболее простым является последовательное расположение вариантов в один ярус. Варианты на делянках повторений располагаются в определенной последовательности.

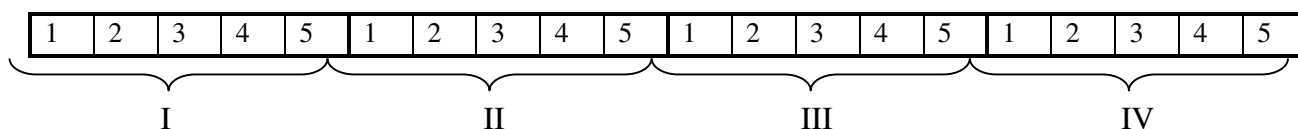


Рис. 2. Систематический метод размещения вариантов в один ярус

При шахматном размещении порядок следования вариантов в повторениях разных ярусов сдвигается.

Чтобы определить число делянок, на которое необходимо сдвинуть размещение вариантов в последующих ярусах, количество вариантов опыта делят на число ярусов.

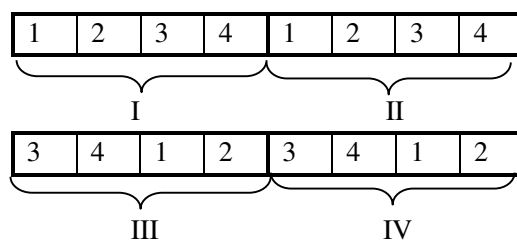


Рис. 3. Систематический метод размещения вариантов в несколько ярусов

Первоначально в научной агрономии систематические методы размещения опытов занимали господствующее положение. Важное достоинство этих методов – простота, а главный их недостаток – возможные и часто непредвиденные искажения эффектов по вариантам, а также ненадежность в статистической оценке ошибки опыта.

12. Рендомизированные методы размещения вариантов

Рендомизированное размещение вариантов предложено Р. А. Фишером (Англия). Подавляющее большинство опытов закладывают новыми методами, в основу которых положен принцип случайного, или рендомизированного, размещения вариантов. Оно способствует лучшему охвату каждым вариантом пестроты плодородия почвы.

К рендомизированным методам размещения вариантов относят: метод полной рендомизации, метод рендомизированных повторений, метод латинского квадрата, метод латинского прямоугольника, метод расщепленных делянок.

13. Метод полной рендомизации

Простейшим из современных методов размещения полевого опыта на территории является полная рендомизация сопутствующих условий, когда варианты по делянкам опытного участка распределяются совершенно случайно.

Если, например, планируется заложить опыт с 3 вариантами в четырех повторностях, то выделенный земельный участок разбивают на 12 делянок ($3 \times 4 = 12$) и по таблице случайных размещают варианты по делянкам так, чтобы каждый вариант занял по 4 делянки (рис. 4).

2	1	3	2
1	3	2	1
3	2	1	3

Рис. 4. Полная рендомизация

Метод полной рендомизаций эффективен при небольшом числе изучаемых вариантов (2–4), когда есть основания не ставить под контроль территориальное закономерное варьирование плодородия почвы.

По мере увеличения делянок в опыте расстояние между сравниваемыми вариантами возрастает, а в связи с увеличением расстояния возрастают различия и в плодородии почвы, что снижает эффективность метода полной рендомизации, и необходимо использовать метод рендомизированных повторений.

14. Метод рендомизированных повторений

Метод рендомизированных повторений наиболее распространенный в мировой практике опытного дела метод размещения вариантов по делянкам полевого опыта. В каждом повторении варианты распределяются по делянкам в случайном порядке. Важно, чтобы внутри каждого повторения почва была по возможности более однородной, а форма повторения приближалась к квадрату. В этом случае при любом пространственном расположении делянок они будут лучше сравнимы между собой.

В зависимости от технических условий проведения опыта повторения подразделяют на делянки удлиненной, прямоугольной или квадратной формы. Делянки располагают в один, два много рядов (ярусов).

Повторения располагают на поле компактно в два или больше ярусов. Однако, когда земельный участок недостаточно выровнен, повторения можно расположить по полю поодиночке или группами (рис. 5).

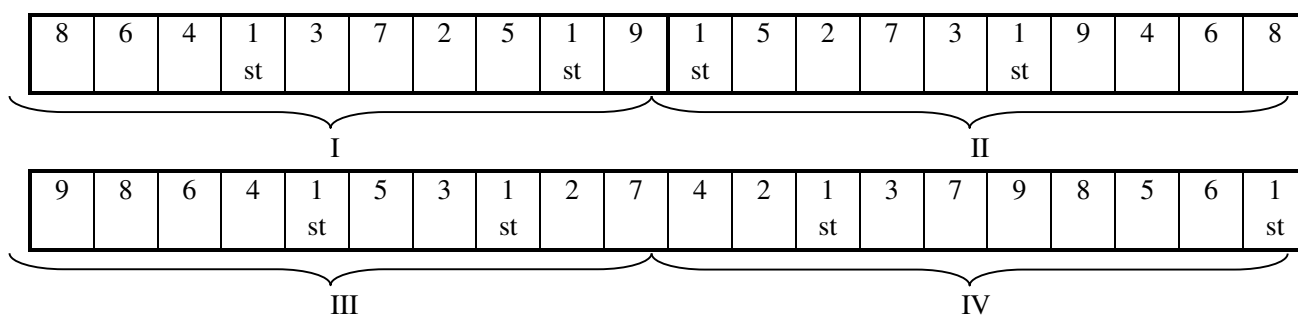


Рис. 5. Метод рендомизированных повторений

Число изучаемых вариантов в методе случайных повторений зависит от выравниваемости цельного участка и размера опытных делянок. Не рекомендуется иметь более 15–20 вариантов. Когда число вариантов превышает 8–10, целесообразно в каждом повторении иметь две или более делянок стандарта (контроля), что позволяет значительно повысить точность сравнения опытных вариантов со стандартом.

15. Латинский квадрат и прямоугольник

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. Для этого земельный участок квадратной или прямоугольной формы разбивают в горизонтальном и вертикальном направлениях на столько рядов и столбцов, сколько вариантов в опыте.

Расположение опыта латинским квадратом требует, чтобы число повторений обязательно было равно числу вариантов. При четырех вариантах в опыте будет $4 \times 4 = 16$ делянок,

пяти – $5 \times 5 = 25$, при шести – $6 \times 6 = 36$ делянок. В каждом ряду и столбце должен быть полный набор вариантов, т. е. ни один из вариантов не повторяется дважды ни в строке, ни в столбце (рис. 6).

	I	II	III	IV
I	1	2	3	4
II	2	3	4	1
III	3	4	1	2
IV	4	1	2	3

Рис. 6. Латинский квадрат

Недостаток латинского квадрата – требование равенства числа повторений числу вариантов. В связи с этим увеличение числа вариантов ведет к громоздким опытам и предусматривает большую повторность, чем это обычно требуется. Поэтому в практике опытной работы наибольшее распространение получили квадраты 5×5 , 6×6 , 7×7 .

При 7–8 и более вариантах постановка опытов латинским квадратом становится затруднительной, и, поэтому используют закладку 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 – с 8, 12, 16, 24 и т. д. вариантами; при пятикратной — с 10, 15, 20, 25 вариантами и т. д.

16. Метод расщепленных делянок

Метод расщепленных делянок используется преимущественно для закладки многофакторных опытов.

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.

Схема расположения двухфакторного опыта $3 \times 2 \times 3$ методом расщепленных делянок по изучению трех градаций способов обработки почвы А (a_1, a_2, a_3), двух градаций орошения Б (b_1, b_2) и трех градаций удобрения С (c_1, c_2, c_3) будет иметь следующий вид (рис. 7):

a2						a1						a3					
b1			b2			b2			b1			b2			b1		
c2	c3	c1	c1	c3	c2	c1	c3	c2	c2	c1	c3	c1	c3	c2	c3	c1	c2

Рис. 7. Метод расщепленных делянок

Метод расщепленных делянок удобен при работе в поле, но он имеет один недостаток: в многовариантных опытах с большими размерами повторений начинают сильно проявляться неравнозначность сравнения главных эффектов и взаимодействий. Эффекты вариантов, размещенных на субделянках, а также взаимодействия высших порядков оцениваются обычно более точно, чем главные эффекты вариантов, занимающих делянки первого порядка.