

ПОЛЕВОЙ ОПЫТ

Полевой опыт с удобрениями – это опыт, проводимый в полевых условиях для определения действия удобрений на урожай сельскохозяйственных культур, его качество, а также на плодородие почвы.

Особенность полевого опыта как одного из биологических методов исследований состоит в том, что культурное растение изучают в близких к производственным условиям по климатическим, почвенным, агротехническим и производственным факторам, оказывающим непосредственное влияние на изучаемый объект.

Правильно поставленные полевые опыты, которые дают надежные теоретические и практические выводы для агрономической науки, должны отвечать следующим основным методическим требованиям: соблюдение принципа единственного различия или наличия сравнимости, типичность полевого опыта, точность результатов исследований, достоверность, оформление документации.

Соблюдение принципа единственного различия – одно из очень важных и обязательных требований методики полевого опыта. Цель этого требования – обеспечить сравнимость данных, полученных в разных вариантах опыта. Например, в полевом опыте с дозами азотных удобрений единственным различием по вариантам являются дозы, все остальные условия опыта (обработка почвы, предшественники, сорт, посев, уход) во всех вариантах должны быть одинаковыми.

Типичность, или репрезентативность, – важнейшее качество полевого опыта, который должен проводиться прежде всего в типичных для данного региона почвенно-климатических условиях. Также типичными должны быть производственные, агротехнические и организационно-хозяйственные условия. Типичность опыта определяется возможностью использования его результатов.

Оценку качества опытной работы дает *точность результатов* исследований – статистический показатель, количественно характеризующий изменчивость результатов опыта. Показатель точности помогает сделать оценку полученных результатов, установить достоверность выводов. Точность опыта выражается в процентах и является показателем качества работы. Она обуславливается однородностью опытных растений, почвенного покрова, техническими погрешностями (ошибками экспериментатора) и т.п.

Полевой опыт должен отвечать требованиям достоверности. Принято различать *достоверность полевого опыта по существу*, т.е. соответствие опыта поставленным задачам исследования, а также *достоверность, или существенность результатов полевого опыта*. Для оценки достоверности полевого опыта по существу проводят агрономический анализ его материалов, т.е. критический разбор и проверку правильности схемы полевого опыта, данных сопутствующих наблюдений и исследований, результатов учета урожая.

Если полевой опыт проведен методически и технически правильно и нет оснований для выбраковки полученных в нем данных, результаты его подвергаются математической обработке для установления величины случайной ошибки и степени точности, а также достоверности, или существенности, полученных результатов.

Ведение полной и точной *документации опыта* позволит использовать результаты исследований и внедрять их в сельскохозяйственное производство, а при необходимости даст возможность воспроизвести, повторить эксперимент в близких к проведению опыта условиях. Первичные записи ведут в дневнике полевых работ и наблюдений, сводные данные по каждому полевому опыту – в журнале полевого опыта.

Построение схем полевых опытов с удобрениями. *Схема опыта* – это совокупность всех его вариантов, сравниваемых между собой, причем одни варианты включают изучаемые приемы, другие (контрольные или стандартные) берут для сравнения с первыми.

При разработке схемы важно правильно наметить контрольные варианты. В опытах с удобрениями контрольным вариантом обычно является вариант без удобрения.

В качестве примерных схем полевых опытов по изучению разных форм удобрений можно привести следующие:

1. Схема по изучению действия различных форм азотных удобрений: 1) контроль (без удобрений); 2) РК (фон); 3) РК + NH_4NO_3 ; 4) РК + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 5) РК + $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

2. Схема по изучению действия различных форм калийных удобрений: 1) контроль (без удобрений); 2) NP (фон); 3) NP + KCl; 4) NP + K_2SO_4 ; 5) NP + KCl (медленнодействующий).

3. Схема по изучению сравнительной эффективности форм борных удобрений: 1) контроль (без удобрений); 2) NPK (фон); 3) фон + В (борная кислота); 4) фон + В (борный суперфосфат); 5) фон + В (бормагниевое удобрение); 6) фон + В (аммофос с бором); 7) фон + В (нитроаммофоска с бором).

При изучении действия различных доз удобрений схемы опытов могут включать следующие варианты:

1. Схема по изучению доз азотных удобрений для зерновых культур: 1) контроль (без удобрений); 2) $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ – фон; 3) N_{60} + фон; 4) N_{90} + фон; 5) N_{120} + фон; 6) N_{150} + фон.

2. Схема по изучению доз и соотношений питательных веществ для льна-долгунца: 1) контроль (без удобрений); 2) $\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (фон 1); 3) N_{30} + фон 1; 4) N_{45} + фон 1; 5) N_{60} + фон 1; 6) $\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ (фон 2); 7) N_{30} + фон 2; 8) N_{45} + фон 2; 9) N_{60} + фон 2.

Примерные схемы опытов по изучению действия различных *сроков и способов внесения удобрений*:

1. Схема по изучению эффективности основного минерального удобрения в зависимости от сроков и способов его внесения: 1) контроль; 2) РК под

зять; 3) NP под зять; 4) NK под зять; 5) NPK под зять; 6) PK весной под культивацию; 7) NP весной под культивацию; 8) NK весной под культивацию; 9) NPK весной под культивацию; 10) PK под зять + N весной под культивацию; 11) P под зять + NK весной под культивацию; 12) K под зять + NP весной под культивацию.

2. Схема по изучению влияния сроков азотной подкормки озимых хлебов на ее эффективность: 1) контроль; 2) PK до сева (фон); 3) фон + N до сева; 4) фон + N в подкормку осенью по всходам; 5) фон + N в подкормку в начале вегетации растений; 6) фон + N с заделкой удобрений в зону корней (дисковыми сеялками); 7) фон + N весной в конце кушения.

3. Схема по изучению влияния норм элементов питания на урожайность сельскохозяйственных культур при разбросном и локальном способах внесения удобрений:

Вразброс	Локально (лентами)
1. Контроль	1. Контроль
2. $N_1P_1K_1$	2. $N_1P_1K_1$
3. $N_2P_2K_2$	3. $N_2P_2K_2$
4. $N_3P_3K_3$	4. $N_3P_3K_3$
5. $N_4P_4K_4$	5. $N_4P_4K_4$

В опытах со *сложными удобрениями* применяется часто следующая схема: 1) контроль (без удобрений) или фон; 2) сложное удобрение; 3) эквивалентная смесь простых удобрений.

Схема опыта по изучению эффективности сложных удобрений при основном внесении: 1) контроль; 2) нитрофоска 1:1:1; 3) нитроаммофоска 1:1:1; 4) смесь простых удобрений эквивалентно вариантам 2 и 3; 5) карбоаммофоска 1:1:1; 6) смесь простых удобрений эквивалентно варианту 5.

Совместное изучение органических и минеральных удобрений обеспечивает наиболее благоприятные условия для нормального роста и развития растений. На кислых почвах особенно большое значение для рационального использования удобрений имеет известкование. Схемы полевых опытов по изучению эффективности органических, минеральных удобрений, их сочетаний сильно различаются в зависимости от условий выращивания и состава культур.

Схема 1: 1) контроль (без удобрений); 2) навоз 40 т/га; 3) $N_{120}P_{60}K_{120}$; 4) навоз 20 т/га + $N_{60}P_{30}K_{60}$.

Схема 2: 1) известь (фон); 2) фон + PK; 3) фон + K; 4) фон + NPK.

Схема комплексных, или многофакторных опытов. В комплексных, или многофакторных, опытах изучают действие разных удобрений в различных нормах, а также действие удобрений в сочетании с другими агротехническими приемами (нормы полива, сорта растений, способы обработки, различное чередование культур в севообороте и т.д.).

В результате совместного действия изучаемых в опыте приемов вскрываются дополнительные эффекты, которые возникают при

взаимодействии двух или нескольких исследуемых в опыте факторов и могут быть положительными и отрицательными. Контрольные варианты в многофакторных опытах – варианты без удобрений на всех агротехнических фонах и все варианты с изучаемым удобрением на одном из фонов, принятом за стандарт.

Построение схемы многофакторных опытов может осуществляться по принципу ортогональности, т.е. по полному факториальному эксперименту, в котором, например, каждая доза одного из факторов сочетается со всеми дозами остальных, т.е. осуществляются все возможные сочетания испытываемых доз факторов.

Программа полевого опыта включает детальное описание сроков, условий и методики проведения опытов, сопутствующих наблюдений, учетов и аналитических работ в период вегетации, метода и элементов учета урожая, оценки точности и достоверности урожая, показателей выноса элементов питания и качества урожая и изменений в уровне плодородия почв.

Важное место в программе занимает описание агротехнических условий и приемов, которые выполняют в опыте (оценка плодородия и история поля, предшественники, система обработки почв, сроки и способы проведения всех агротехнических работ и т.д.). Кроме обязательной программы наблюдений и аналитических исследований (фенологические, фитопатологические и энтомологические наблюдения, анализ почвы опытного участка перед закладкой опыта, определение размеров выноса азота, фосфора и калия с урожаем, основных показателей качества урожая), следует планировать проведение дополнительных работ, которые позволят раскрыть суть действия изучаемого фактора, например наблюдения за динамикой содержания доступных форм питательных элементов в опытах с удобрениями и т.п.

Программа опыта должна предусматривать способ учета урожая (прямым методом или по пробному снопу), технику уборки, определение структуры урожая, методику отбора растительных проб для последующего их анализа. В программу входит методика статистической обработки урожайных данных, биометрии, аналитических данных и агроэкономическая оценка изучаемого фактора.

Техника закладки и проведения полевого опыта. *Участок для закладки полевого опыта* по рельефу, почвенным условиям и предшествующей истории должен быть наиболее однородным, а также типичным для тех зон, регионов и хозяйств, на которые предлагается распространять результаты опыта.

Рельеф участка должен быть выровненным – равномерный односторонний склон малой крутизны (с уклоном 1—2,5 м на 100 м) или ровное плато. При размещении участка на склоне его располагают так, чтобы все делянки были равномерно вытянуты в одну сторону вдоль склона, иначе они попадут в неодинаковые условия влагообеспеченности, освещенности и обеспеченности питательными элементами. По этой же причине нельзя

размещать опытный участок на склонах разной крутизны и экспозиции. На участке не должно быть замкнутых понижений (западин, блюдца), бугорков, свальных и развальных борозд.

При закладке стационарных опытов проводят нивелировку опытного участка с нанесением горизонталей через 0,1–0,2 м на копию почвенной карты для наиболее правильного размещения на нем делянок и повторений опыта. При закладке краткосрочных опытов осуществляют грубую нивелировку с горизонталями через 1 м или ограничиваются глазомерным определением направления и крутизны склона. По почвенной карте определяют почвенные условия участка, а при отсутствии ее проводят почвенное обследование участка, по которым получают основную характеристику почвенной разновидности участка. Для наилучшего размещения целых повторений опыта на одной или наиболее близких разностях в районах с высокой пестротой почвенного плодородия выявляют на участке границы отдельных почвенных разностей. Для полной характеристики почвы опытного участка проводят необходимые химические анализы. В характеристике почвы указывают тип, подтип и разность почвы, гранулометрический состав, содержание гумуса и мощность пахотного или гумусового горизонта, кислотность, поглотительную способность, содержание подвижных форм питательных элементов, глубину залегания грунтовых вод и некоторые водно-физические свойства почвы.

Историю участка определяют по книге истории полей и другим материалам хозяйства для соблюдения принципа единственного различия и типичности опыта.

За последние 3–4 года опытный участок на всей площади должен иметь одинаковые агротехнические условия (чередование одних культур, одинаковая обработка почвы и применение удобрений и т.д.). Особое внимание следует обращать на однообразие приемов, резко изменяющих плодородие почвы и обладающих длительным последствием (известкование, гипсование, применение органических и повышенных норм фосфорно-калийных удобрений, посевы многолетних бобовых трав, углубление пахотного горизонта). Сильную и неравномерную засоренность опытного участка предварительно ликвидируют агротехническими и химическими способами, иначе это скажется на точности результатов опыта. В некоторых случаях на участках с естественной растительностью (залеж и целина) составляют карту определения растительных сообществ, отражающую природные условия роста растений. Эта карта наряду с почвенной и планом нивелировки служит для установления пестроты участка при нарезке делянок.

При изучении истории участка следует также обращать внимание на случайные факторы, которые сильно нарушают его однородность и снижают точность результатов будущего опыта. На участке не должно быть следов земляных работ и раскорчевок, бывших токов, стоянок скота, мест вывозки и хранения удобрений, грунтовых дорог. Для соблюдения тождества условий

участок размещают на расстоянии не менее 200 м от водоемов, 40–50 м от построек и леса, 25–30 м от отдельных деревьев, 10–20 м от дорог и 10 м от плотных изгородей.

Проведение опыта на неизвестном участке не имеет никакой ценности, так как непонятно, к каким природно-хозяйственным условиям приложимы его результаты, и без знаний почвенно-агротехнических условий не ясны причины различий в полученных результатах.

При проведении однолетних и производственных опытов почвенная карта, результаты химических анализов почвы, нивелированный план, хозяйственная история поля, карта засоренности или распределения естественной растительности (целина, залеж) являются основными материалами, с помощью которых определяют пестроту участка, составляют план расположения опыта на нем, намечают количество и расположение делянок и повторений.

Специальная подготовка участка для постановки опытов обычно проводится лишь в условиях стационарного опытного поля. Подготовка участка включает две самостоятельные задачи: выравнивание неодинакового плодородия участка при помощи одного или нескольких сплошных по всему участку так называемых уравнительных посевов и изучение распределения на площади участка исходной пестроты почвенного плодородия путем дробного учета рекогносцировочных или разведочных посевов.

Уравнительные посе́вы – сплошные посе́вы одной культуры на выделенном под опыт участке с тщательным и однообразным проведением всех работ по ее возделыванию (обработка почвы, применение удобрений и уходы) на высоком агротехническом фоне.

Эффективность уравнительных посевов возрастает с повышением агротехнического уровня, на котором они проводятся, причем этот уровень должен быть согласован со схемой и программой предстоящего опыта. Например, при предстоящем изучении форм калийных удобрений под уравнительные посе́вы не следует вносить навоз и высокие нормы калийного удобрения.

Уравнительные посе́вы позволяют тщательно бороться с засоренностью участка и ликвидируют пестроту его плодородия, обусловленную отдельными приемами агротехники с коротким последствием. Тщательный и систематический осмотр уравнительных посевов позволяет провести глазомерную оценку пестроты развития растений и выбрать для опыта наиболее выровненную часть опытного участка.

Проведение уравнительных посевов следует считать обязательным приемом подготовки участка для проведения полевых опытов, чтобы обеспечить получение достоверных по существу и точных результатов.

Рекогносцировочный посе́в – сплошной посе́в определенной культуры на выделенном для полевого опыта участке с целью выявления пестроты его плодородия дробным учетом урожайности. Техника проведения работ такая же, как и в уравнительных посевах, но с обязательным дробным учетом

урожайности. При небольшой площади и значительной пестроте участка площадь делянки для дробного учета урожайности – 10 м^2 , при более крупных и однородных участках делянки могут быть больше, но не крупнее делянок будущего опыта.

При размещении опыта на участке особое внимание уделяют величине и форме делянок, числу повторений вариантов и способам размещения делянок и повторений в опыте. Рациональное сочетание этих элементов опыта позволяет уменьшить различия исходного плодородия сравниваемых делянок.

Величина делянки зависит от целей опыта, требований к его точности, степени и характера пестроты почвенного плодородия, возделываемых культур, агротехники, машин и орудий. Различают опытную (посевную) и учетную площади делянок. Опытная – это площадь, на которую рассчитывают и вносят удобрения, проводят все операции по обработке, посеву и работы по уходу, учетная – с которой учитывают урожайность (рис. 6.4). Учетная площадь меньше посевной из-за выделения по краям защитных полос, урожай с которых убирают раньше и в учет не выключают.

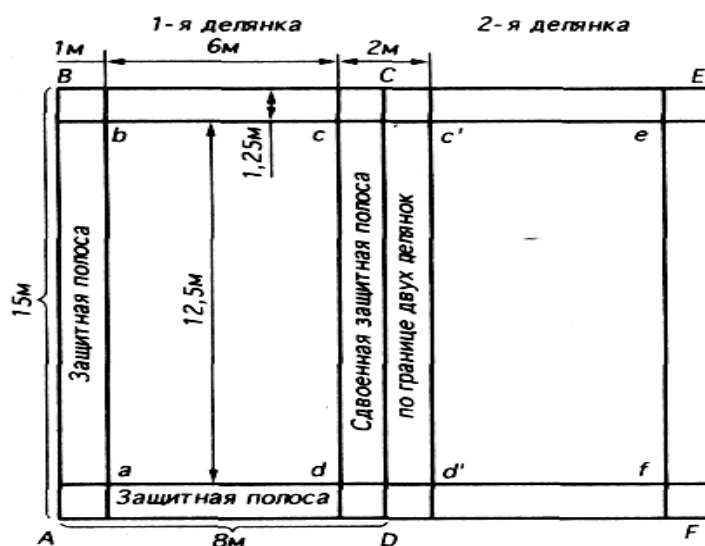


Рис. 6.4. Опытная и учетная площади делянки с защитными полосами:
 ABCD и DCEF – опытные делянки по 120 м^2 ; авсd и dcef – учетные делянки по 75 м^2 .

Защитные полосы должны быть такой ширины, чтобы полностью исключить краевое влияние удобрений и соседних растений на урожай. В однолетних опытах с удобрениями для культур сплошного посева ширина защитной полосы с каждой стороны учетной делянки должна быть не менее $0,75 \text{ м}$, а в многолетних опытах – не менее 1 м . Для пропашных культур ширина защитных полос с четырех сторон каждой делянки – не менее одного-двух рядков. Для разворота машин и в целях защиты от потрав и повреждений с концов делянок, совпадающих с границами участка, выделяют защитные полосы шириной не менее 10 м .

Посевная (опытная) площадь делянки должна быть не меньше минимальной площади, обеспечивающей точность опыта и проведение всех работ по опыту, включая учет урожая, с применением соответствующих машин и орудий, обеспечивающих соблюдение нормальной агротехники возделываемой культуры.

На основании многолетней практики опытных учреждений можно рекомендовать следующие средние размеры делянок: для культур сплошного сева 50–100 м², для пропашных культур – 100–200 м², в стационарных опытах – от 200 до 500 м², в производственных – от 500 м² до 1–2 га; в лабораторно-полевых опытах, где типичность в производственном отношении необязательна, – 10–25 м², а при ручной обработке – 2–5 м². Приведенные размеры делянок примерные и требуют уточнения в каждом конкретном случае.

Форма делянки может быть вытянутой (прямоугольник) или близкой к квадрату. Вытянутая форма гарантирует большую точность опыта, поскольку полнее охватывает пестроту участка, особенно когда изменение плодородия явно выражено в определенном направлении.

В опытах с пропашными культурами делянки удобнее размещать параллельно расположению рядков, а ширину делянок принимать краткой ширине междурядий. В опытах с культурами сплошного сева ширина делянок должна быть кратной ширине захвата применяемых комбинированных сеялок. У делянок вытянутой формы отношение длины к ширине не должно превышать 10, иначе значительно возрастает площадь защитных полос, которая не должна быть больше 25% площади опытного участка. Поэтому делянкам малых размеров (менее 150 м²) следует придавать форму, приближающуюся к квадрату, а для повышения точности опыта увеличивать повторность.

В условиях производства безусловно следует предпочесть вытянутую форму делянки. Форма самого опытного участка или севооборотного клина не имеет особенного значения и определяется формой наличной однородной площадки для опыта и удобством обработки.

Повторность опыта – повторное расположение каждого варианта опыта на нескольких одноименных делянках – также оказывает большое влияние на точность опыта. Чем меньше делянка, тем больше должна быть повторность в опыте. При площади делянок 10–20 м² повторность в опыте должна быть не менее шести–восьмикратной, при 50–100 м² – не менее четырех–шестикратной, в стационарных опытах – не менее четырехкратной. В рекогносцировочных и демонстрационных опытах, а также в производственных опытах с делянками более 1000 м² применяется двух–трехкратная повторность.

Число вариантов в схеме опыта определяется целью и задачами исследований, нормальным считается не более 8–12 вариантов. При большем числе вариантов увеличивают повторность контрольных. В многофакторных опытах стремятся к размещению вариантов методом расщепленных делянок

или звеньев.

Общее расположение опыта. На выбор способов размещения полевого опыта в пространстве оказывают влияние величина и степень пестроты плодородия опытного участка, число вариантов в схеме, а также технические условия постановки и проведения опыта.

В полевых опытах с удобрениями чаще всего повторения располагают компактно на одном участке, имея общие границы между отдельными повторениями. Такое расположение повторений носит название сплошного. При сплошном расположении повторения опыта могут быть размещены на участке в один, два и несколько рядов (рис. 1).

Однорядное расположение повторений применяют при малом числе вариантов, при изучении техники внесения удобрений и припосевного удобрения. Это наиболее удобный способ размещения для всех работ по технике закладки и проведения опыта и наилучший – при систематическом изменении плодородия участка в одном направлении, когда делянки вытянуты в направлении изменения свойств участка.

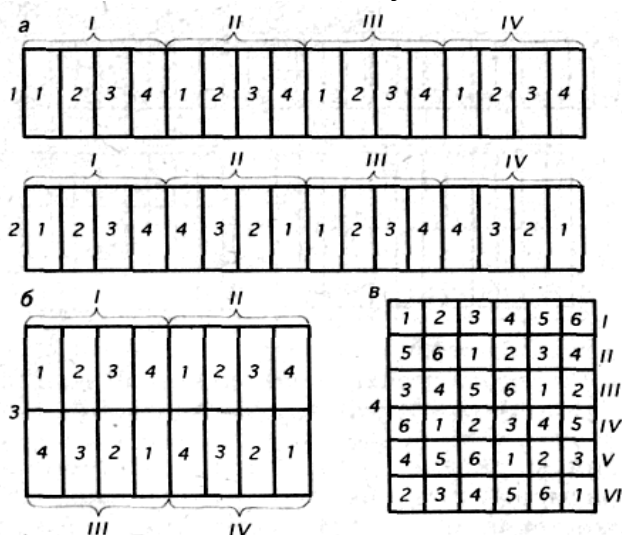


Рис. 1. Схемы систематического расположения вариантов и повторений в опыте:

а – однорядное последовательное; б – двухрядное; в – многорядное ступенчатое;
1–6 – номера вариантов; I–VI – повторения.

Двухрядное и многорядное расположение повторений удобно при большом числе вариантов и делянок и сравнительно небольшом размере делянок укороченной формы.

Внутри каждого повторения различают систематическое и случайное, или рендомизированное, размещение вариантов схемы опыта.

Систематическое – это расположение вариантов в определенном, заранее установленном порядке. В однорядном размещении чаще применяют последовательное расположение вариантов. При двух- и многорядном размещении варианты обычно располагают ступенчато, или в шахматном порядке, или другим способом, допуская сближение одноименных вариантов

не менее чем через два других в вертикальном и горизонтальном направлениях (рис. 1).

Случайное, или рендомизированное, расположение вариантов на делянках предложено Р.А.Фишером. Оно заключается в случайном (рендомизированном) размещении вариантов на делянках каждого повторения путем жребия или же по специально составленным таблицам случайных чисел. Этот способ основан на том, что все методы вариационной статистики приложимы в полной мере только к случайным явлениям, и поэтому статистическая обработка результатов опыта наиболее обоснованно применима при случайном расположении вариантов в пространстве.

Среди случайных методов размещения вариантов наибольшее распространение получили метод случайных блоков (повторений) и метод латинского квадрата.

В методе случайных блоков (рис. 2) – число блоков определяется принятой повторностью опыта, а в каждом блоке варианты по делянкам располагают по жребию в случайном порядке.

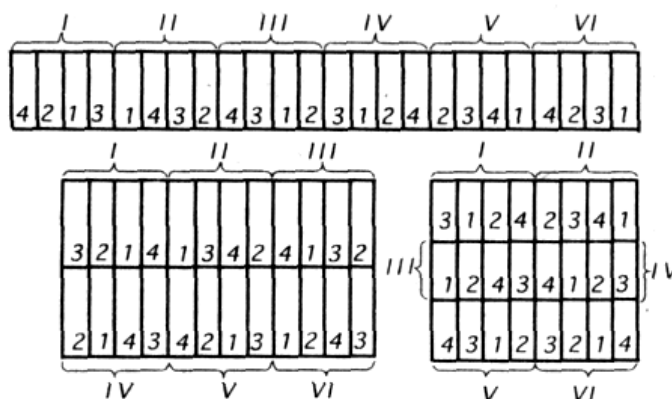


Рис. 2. Рендомизированное размещение блоков (повторений).
Обозначения, как на рис. 1.

В методе латинского квадрата (рис. 3) – число повторений (n) равно числу вариантов опыта и общее число делянок равно n^2 . Опытный участок квадратной или прямоугольной формы разбивают на вертикальные и горизонтальные ряды по числу вариантов, в каждом из которых варианты на делянках располагают по жребию. Возможно и систематическое ступенчатое размещение вариантов по делянкам. Метод латинского квадрата применяют при числе вариантов от 4 до 7.

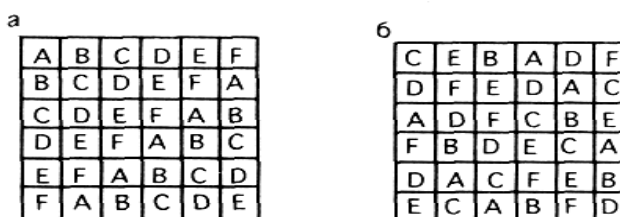


Рис. 3. Схемы размещения вариантов методом латинского квадрата:
а – систематическое; б – рендомизированное.

Для закладки многофакторных опытов используют *метод расщепленных делянок*. Их схема – это эксперимент, в котором делянки одного опыта используются как блоки для другого. Делянки первого порядка (крупные делянки) делят, расщепляют в вертикальном или горизонтальном направлении на делянки второго порядка, а делянки второго порядка – на более мелкие делянки третьего порядка (рис. 4).

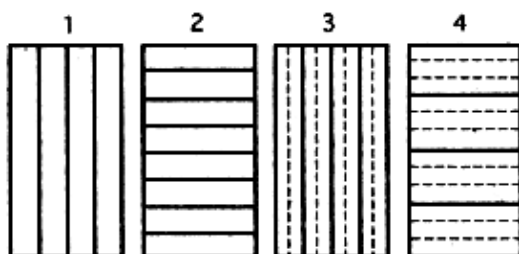


Рис. 4. Схема расщепления делянки при постановке двухфакторных (1–2) и трехфакторных (3–4) опытов.

На рис. 5 показана схема расположения двухфакторного опыта 5 x 3 методом расщепленных делянок по изучению пяти градаций способов обработки почвы А (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5) и трех градаций удобрений В (b_1, b_2, b_3). Здесь делянки, на которых изучаются варианты обработки почвы, называемые главными делянками, или делянками первого порядка, расщепляют, делят на малые субделянки, или делянки второго порядка, предназначенные для вариантов удобрений.

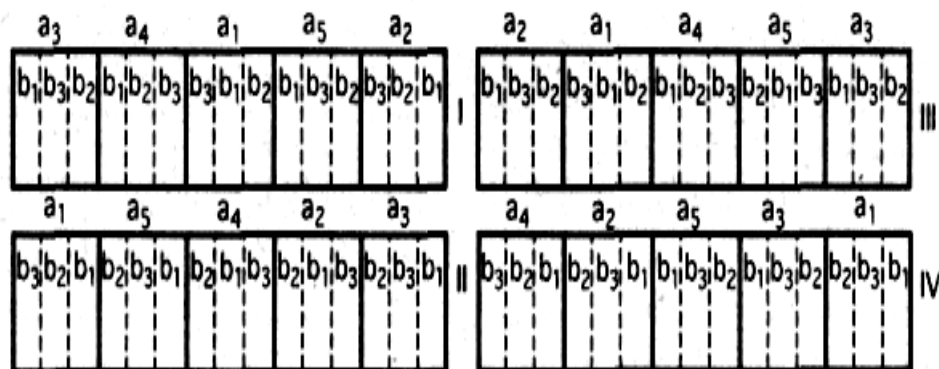


Рис. 5. Схема размещения двухфакторного опыта с 15 вариантами (5 x 3) методом расщепленных делянок, повторность четырехкратная.

На рис. 6 представлена схема размещения одного повторения опыта 3 x 2 x 3 с тройным расщеплением.

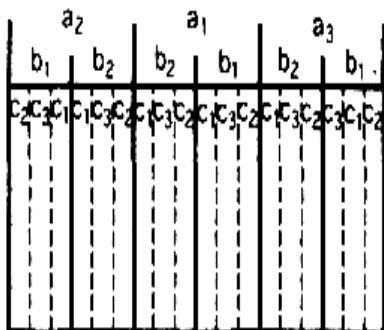


Рис. 6. Схема размещения одного повторения трехкратного опыта с 18 вариантами (3x2x3) методом расщепленных делянок.

Варианты по главным делянкам и субделянкам размещают методом рендомизации. Особенность их расположения заключается в том, что варианты главных делянок рендомизируются самостоятельно по каждому повторению, а варианты второго и последующих порядков – каждый раз заново или для каждой главной делянки, или для целого повторения (рис. 7).

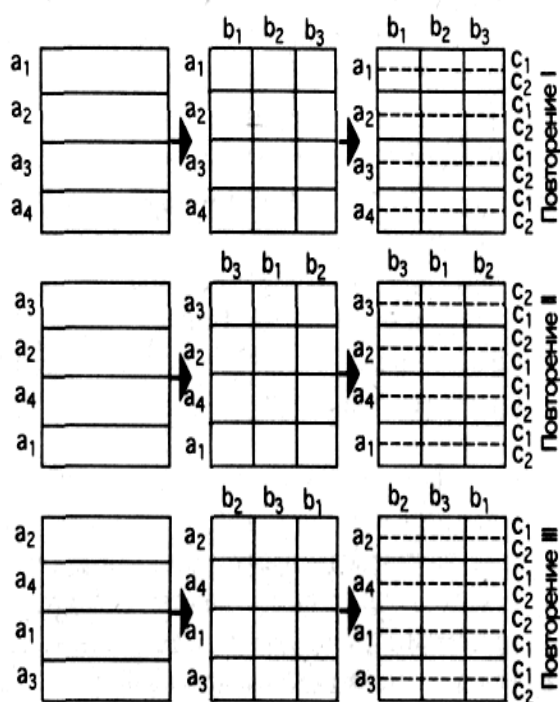


Рис. 7. Схема последовательного наложения вариантов в трехфакторном опыте с 24 вариантами (4 x 3 x 2).

Перед закладкой опыта в полевом дневнике составляют его схематический план с указанием всех размеров: длины и ширины делянок, защитных полос, дорог, с обозначением расположения вариантов и повторений. По схематическому плану закладывают полевой опыт в натуре, тщательно соблюдая требования методики и техники проведения работ: разбивка и фиксирование (привязка) опытного участка, подготовка и внесение удобрений, обработка делянок, посев или посадка, наблюдения и уходы, отборы образцов, учет урожая.

Для разбивки и фиксирования опытного участка в натуре необходимы следующие приборы и оборудование: стальная мерная лента на 20 м, прибор для отбивки прямых углов (зеркальный экер, буссоль, гониометр или теодолит), вешки-шесты высотой 2–2,5 м для провешивания прямых линий (3–4 шт.), деревянные колышки длиной 35–40 см в количестве вдвое больше, чем число делянок в опыте, для фиксирования границ делянок,

реперы или большие кольца для фиксирования границ участка и привязки опыта (7–8 шт.), топор и молотки для забивания реперов и колышков, моток крепкого шнура.

На участке в соответствии со схематическим планом провешивают, отмечая вешками, прямую линию АВ (рис. 8), натягивают шнур и по этой линии отмеряют мерной лентой короткие стороны нужного количества делянок, вбивая колышки (1, 2, 3 и т.д.). В точки А и В вбивают основные кольца–реперы и из этих точек с помощью угломерных приборов и вешек отбивают прямые углы по отношению к линии АВ. По линиям АД и ВС отмеряют длинные стороны делянок, вбивая колышки 14, 15, 16 и т.д. При правильной отбивке углов линия СД будет равна линии АВ. Если неувязка между ними превосходит допустимый предел (5–10 см на каждые 100 м), делают повторную отбивку углов.

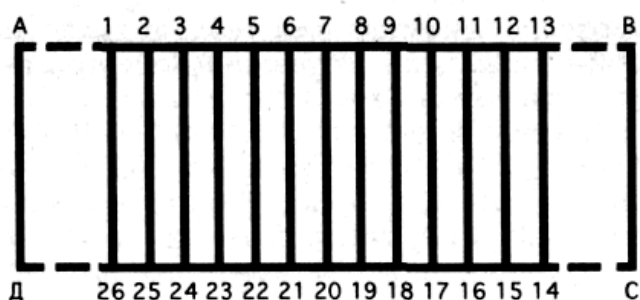


Рис. 8. Схема разбивки опытного участка на делянки и "привязки" опытного участка.

При многорядном размещении делянок вначале отмеряют их ряды, одновременно выделяя дороги между рядами, а затем выделенные ряды разбивают на делянки. Первую разбивку опыта проводят с наибольшей точностью, так как определенные при ней точки будут служить исходными при всех последующих разбивках.

Для восстановления границ делянок при утере колышков нужно иметь надежно фиксированные ориентиры – реперы. Они могут быть вбиты в точки А, В, С, Д с точным указанием расстояний к угловым делянкам. Если такие реперы могут мешать работе машин и орудий, их следует вынести за пределы участка на определенное расстояние в противоположных направлениях не менее чем одной стороны участка. Расположение реперов (ориентиров) и расстояние от них до опытного участка отмечают на плане – это и есть "привязка" опытного участка. В многолетних опытах "привязывают" участок двумя основными линиями (например, АВ и ДС), вынося реперы по обе стороны этих линий за пределы обрабатываемой площади (на обочины дорог, края канав и т.п.).

Подготовка и внесение удобрений – наиболее ответственные операции как в опытах, в которых удобрение само является изучаемым фактором, так и тех, в которых оно служит лишь общим фоном для других сравниваемых приемов. Сделанная при внесении удобрений ошибка впоследствии никак не может быть исправлена, а большей частью и не бывает обнаружена.

Для проведения этой работы следует иметь достаточное количество предварительно подготовленных (измельченных и просеянных) минеральных и хорошо перемешанных органических удобрений с известным содержанием в них питательных элементов, тару (при ручном способе внесения), специальные машины для посева или внесения удобрений на делянках. Перед внесением удобрений с опытного участка отбирают смешанные образцы почвы с пахотного и более глубоких горизонтов для агрохимических анализов.

Необходимое количество (дозу, норму) каждого удобрения определяют по формуле:

$$x = \frac{a \cdot 100 \cdot c}{b \cdot 10000} = \frac{ac}{100 \cdot b},$$

где x – количество удобрений на делянку, кг физической массы; a – доза питательного вещества, кг/га; b – содержание питательного вещества в удобрении, %; c – площадь делянки, м².

Навески менее 1 кг взвешивают с точностью до 1 г, от 1 до 10 кг – до 10 г и более 10 кг – до 100 г. В зависимости от величины навески применяют теххимические, чашечные или десятичные весы. Брать навески можно заблаговременно (за 2–3 дня) в лаборатории или прямо в поле перед внесением удобрений. В первом случае их развешивают в пакеты, мешочки или мешки (желательно разного цвета для отдельных видов), на которых указаны вид, количество удобрений, номер делянки (варианта). В поле пакеты или мешочки раскладывают по соответствующим делянкам, проверяют правильность раскладки со схемой и приступают к внесению. Во втором случае навески отвешивают в поле в соответствии со схемой для каждой делянки, сыпают их вместе на брезент, тщательно перемешивают и вносят, возможно и раздельное внесение удобрений без предварительного смешивания.

Удобрения должны быть наиболее равномерно распределены по каждой делянке. Предварительно оконтурив делянку шнуром (при ручном способе внесения), рекомендуется рассеивать отвешенное на нее удобрение в два приема, проходя по центру вдоль делянки, вначале в одну, а возвращаясь – в другую сторону. При небольших дозировках для равномерного внесения целесообразно предварительно смешивать удобрения с почвой той делянки, на которую они будут внесены.

Делянки больших размеров предварительно делят на несколько равных частей, удобрения делят на такое же количество равных частей и каждый участок удобряют отдельно. Так поступают и при внесении больших количеств удобрений (навоз, компост, известь, гипс), которые трудно сразу равномерно распределить по всей площади делянки. При внесении удобрений (навоз, компост) важно следить за однородностью их по составу, происхождению, степени разложения и влажности.

Для больших делянок допустимы взвешивание навоза на автомобильных

весах и вывоз его на делянку с последующим равномерным размещением. Для небольших делянок навоз лучше вносить непосредственно с предварительно взвешенных с ним носилок. Внесение органических удобрений навозоразбрасывателями из-за несовершенства последних допускается только в производственных опытах на больших площадях. Навоз нужно обязательно вносить поделяночно, даже тогда, когда его вносят как фон во всех вариантах опыта.

Минеральные удобрения рассеивают вручную в тихую погоду. При высеве удобрений туковыми сеялками их тщательно проверяют и устанавливают на несколько меньшую норму посева, чтобы обязательно хватило на всю делянку, остатки удобрений распределяют вручную.

Все работы по обработке почвы, севу (посадке), уходу за растениями должны выполняться в оптимальные сроки, рекомендованные зональными научно-исследовательскими учреждениями, и в течение одного дня. Нельзя допускать отклонений при обработке почвы на опытном участке. Вспашка и другие приемы выполняются перпендикулярно длинным сторонам, чтобы случайные факторы одинаково влияли на все варианты опыта.

Для сева (посадки) используется высококачественный посевной материал из одной партии. Все повторения опыта засевают в один день. Число растений пропашных культур на всех делянках должно быть строго одинаковым. Это учитывается при определении размеров делянок.

Уход за растениями на опытном поле такой же, как на обычных посевах, но все работы выполняются одновременно на всех повторениях и более тщательно. К специальным работам по уходу относится разбивка и очистка дорожек, поддержание их и запольных участков в чистоте, отбивка защитных полос, расстановка этикеток с обозначением опыта и вариантов.

В опытах с зерновыми культурами, льном, однолетними травами через 5–6 дней после массового появления всходов выделяют учетную площадь делянок. Для этого по шнуру, натянутому по границе между учетной площадью и защитной полосой делянок, пробивают полосы шириной 15–20 см (за счет защитных полос), срезая растения или удаляя их как-нибудь иначе. Это удобнее, чем отбивать защитные полосы перед уборкой. В опытах с остальными культурами учетные площади делянок выделяют за 2–3 дня до уборки.

К специальным работам на опытном поле относится оформление опыта: расстановка этикеток по делянкам, которые облегчают проведение наблюдений и учет урожая, уменьшают возможность ошибок при внесении удобрений и т.д. Желательно, чтобы этикетки стояли на всех делянках с самого начала вегетации. Однако во время обработки почвы, внесения и заделки удобрений, посева или посадки колышки часто ломаются, пачкаются, перетаскиваются с одной делянки на другую. В связи с этим первичную разбивку опыта проводят, применяя старые колышки или ветки. После появления всходов, выделения дорожек устанавливают этикетки и колышки – оформляют опыт. В начале опытного участка ставят большую

этикетку, выкрашенную в белый цвет, на которой масляной краской или лаком пишут название опыта. В левом углу каждой делянки ставят небольшие колышки-этикетки, где пишут номер делянки и иногда кратко указывают вариант опыта (рис. 9).

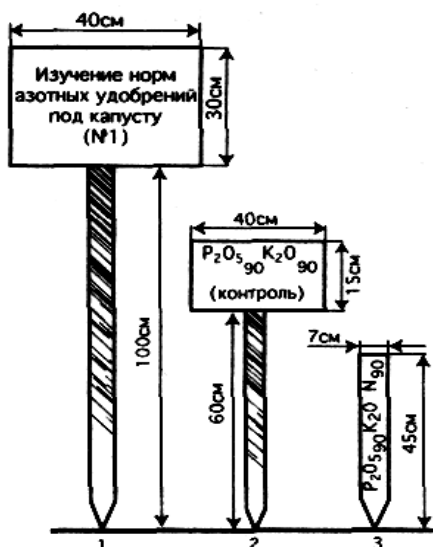


Рис. 9. Виды этикеток:
1 – большая с названием опыта;
2, 3 – поделаяночные.

Наблюдения и учеты в период вегетации.

В течение вегетационного периода на опытном участке регулярно проводят согласно разработанной программе опыта наблюдения и исследования, которые помогают понять изучаемые явления, объясняют получение тех или иных прибавок урожая или изменение его качества.

Наиболее часто в полевых опытах с удобрениями изучают метеорологические условия, агрохимические и агрофизические свойства почвы, ведут фенологические наблюдения за растениями, проводят учет прироста зеленой массы и накопления сухого вещества, определяют высоту растений, рост и развитие корневой системы, учитывают урожайность, структуру урожайности и др.

Все сопутствующие наблюдения и учеты в период вегетации в полевых опытах с удобрениями могут быть визуальными (глазомерными), характеризующими качественное состояние посевов (глазомерная оценка перезимовки озимых и многолетних трав, оценка устойчивости растений к полеганию, поражению болезнями и вредителями и т.д.), или количественными: измерение, взвешивание, подсчет растений и т.д.

Визуальная оценка – глазомерное наблюдение за состоянием посева для правильного объяснения результатов опытов – помогает установить необходимость выключек или исключения из учета отдельных делянок. Глазомерные наблюдения проводятся в одни и те же часы суток, посеvy осматривают, стоя так, чтобы солнце всегда было за спиной. Результаты визуальной оценки обычно выражают по пятибалльной системе – шкале: 5 баллов означает отличное состояние посевов; 4 балла – хорошее; 3 балла – удовлетворительное; 2 балла – плохое; 1 балл – очень плохое; 0 баллов – полная или почти полная гибель растений на делянке. Для оценки посевов в варианте в целом баллы по повторностям суммируют и сумму делят на число

повторений.

Помимо визуальных наблюдений за состоянием растений, необходимо давать оценку состояния посевов после резкого проявления неблагоприятных факторов (заморозки, град, ливень, массовое повреждение вредителями и т. д.). Сроки и частота наблюдений определяются целью исследования и возможностями.

Наблюдения за устойчивостью растений к полеганию. Эти наблюдения проводят начиная с первого появления признака полегания и до уборки урожая. Оценка проводят в день полегания или на следующий день, а затем через 5–10 дней (чтобы учесть способность некоторых сортов подниматься) и перед уборкой.

Полегаемость посевов оценивают по пятибалльной шкале: 5 баллов – посевы не полегавшие; 4 балла – посевы полегавшие, но выправившиеся или полегавшие в слабой степени и местами; 3 балла – посевы средней степени полегания; 2 балла – сильная степень полегания, затрудняющая механизированную уборку; 1 балл – посевы непригодны для механизированной уборки, очень сильная степень полегания.

Фитопатологические и энтомологические наблюдения. Фитопатологические и энтомологические исследования в полевых опытах очень важны, так как болезни и вредители сильно влияют на рост, развитие и урожай сельскохозяйственных культур. Однако проведение их требует специальных знаний и навыков. Распространенность болезней и вредителей можно учитывать по двум показателям: а) проценту пораженных растений, колосьев, метелок, початков и пр., б) проценту площади, занятой пораженными культурами (чаще всего глазомерно). Степень поражения растений болезнями и вредителями обычно определяют выборочным методом на небольшом числе растений. Отсюда важно правильно отбирать пробы.

Все учеты болезней растений проводят по фазам их развития. Самый простой способ оценки поражения растений – суммарно всеми болезнями и вредителями по пятибалльной шкале: 0 баллов – отсутствие повреждений и поражений; 1 балл – повреждены единичные растения (до 10%); 2 балла – повреждено 10–25% растений; 3 балла – повреждено 25–50% растений; 4 балла – повреждено 50–75% растений; 5 баллов – повреждено свыше 75% растений. При обнаружении заболеваний или вредителей на растениях надо определить характер заболевания и вид вредителя и применять рекомендуемые меры борьбы с ними.

Учет засоренности. При характеристике засоренности применяются как глазомерные, так и количественные приемы учета. При более детализированных системах учета засоренности различают учет сорной растительности по надземным вегетативным частям и учет засоренности (вегетативные зачатки, семена и плоды) в пахотном слое почвы.

Учет вегетативных надземных частей в основном включает глазомерное определение распределения сорняков на делянках и количественный учет

сорняков. При глазомерной характеристике засоренности может определяться видовой состав сорняков, степень покрытия ими площади (определение процента площади, занятой тем или иным видом или группами их), обилие их (количество экземпляров), определение массы сорных растений, а также характеристика встречаемости (характер распределения сорняков на площади), ярусности (расположение сорных растений по отношению к культурным) и т.д.

Степень распространения сорняков оценивают по пятибалльной шкале: 1 балл – засорено до 1% общей площади делянки; 2 балла – 1–5%; 3 балла – 5–25%; 4 балла – 25–50%; 5 баллов – более 50% площади; при распространении сорняков куртинами применяются двойные баллы для характеристики распространения сорняка и в куртинах. Ярусность сорняков устанавливают по отношению к культурным растениям (выше, наравне, до половины высоты, не попадающие под нож уборочной машины). Высоту сорняков определяют по главной массе сорняков. Обозначают также фазы развития сорняков (всходы, стеблевание, цветение, засыхание растений, розетки, бутонизация, колошение, созревание семян). Глазомерная оценка засоренности может сопровождаться учетом количества и массы сорняков на метровых площадках, накладываемых на делянке через определенные расстояния.

Учет засоренности пахотного слоя почвы заключается в определении семян и плодов сорняков в почве при помощи взятия проб буром Шевелева с последующим выделением семян при помощи химических растворов. Для определения содержания и расположения в почве корневищ, корней сорняков, способных укорениться и отрастать, применяют специальные методы учета. В опытах с многолетними травами определение засоренности урожая обычно проводят по пробному снопу (массой 5–6 кг), отбираемому для определения выхода сена.

Метеорологические наблюдения. В опытах с удобрениями необходимо учитывать по декадам и месяцам следующие данные: количество выпавших осадков, температуру и влажность воздуха, температуру почвы и др.

Для оценки термических условий в период вегетации необходимо знать сумму активных температур, т.е. потребность в тепле в период активной вегетации. Для различных культур сумма активных температур варьирует от 1200–1300С (горох, ячмень, озимые) до 2200–2700С (кукуруза и др.).

Для характеристики режима увлажнения в настоящее время используют гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова, который вычисляют по формуле: $ГТК = \frac{\text{сумма осадков в миллиметрах}}{0,1 \times \text{сумма активных температур в градусах}}$. Сумму осадков подсчитывают за период с температурой воздуха выше 5, 10, 15°C. ГТК можно использовать для оценки эффективности применяемых удобрений в зависимости от условий увлажнения, установив начало, конец и продолжительность избыточно влажных, засушливых и сухих периодов во время вегетации растений. При этом если ГТК больше 2, то имеет место избыточное увлажнение; 1–2 –

условия увлажнения удовлетворительные; от 1 до 0,5 – наблюдается небольшой недостаток влаги – засушливый период; менее 0,5 – наблюдается сухой период – засуха.

Для общей характеристики *агрофизических свойств почвы* исследования лучше проводить в период роста растений, для *агрохимической характеристики почвы* целесообразно пробы почв отбирать весной до посева и осенью после уборки урожая.

В полевых опытах с удобрениями почвенные пробы необходимо отбирать с делянок всех повторностей вариантов опыта по схеме, приведенной на рис. 10. Это необходимо, чтобы исключить влияние возможностей неоднородности плодородия почв и получить объективные результаты исследований.

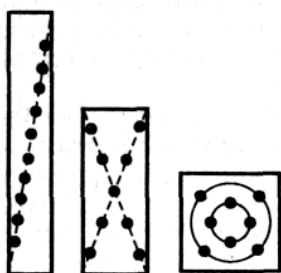


Рис. 10. Расположение точек взятия индивидуальных образцов на делянках различной формы.

Отбор образцов почвы проводят как до закладки полевых опытов, так и в период роста и развития растений и после уборки урожая. С каждой делянки берут смешанный образец, который состоит из 20–25 индивидуальных. Образцы в поле отбирают специальным буром. Индивидуальные образцы, взятые на делянке, там же ссыпают вместе, тщательно перемешивают на бумаге, мешке или пленке и отбирают среднюю пробу массой 200–300 г, которую помещают в коробку или мешочек с этикеткой, где указывают: опыт, номер делянки, вариант, повторность, дату отбора образца и подпись взявшего пробу.

Подготовка почвы к анализу зависит от характера исследований. При определении нитратов и аммония вытяжку готовят из свежей почвы, так как эти соединения при хранении почвы могут подвергаться изменениям. Для других видов анализа почву тонким слоем рассыпают на бумаге и высушивают в тени до воздушно-сухого состояния, затем просеивают через сито с отверстиями 1 мм (корешки, корни, камни и другие примеси перед растиранием почвы следует удалить). Подготовленные образцы хранят в закрытых коробках или банках в сухом, чистом от газов и паров помещении.

Определение запаса продуктивной влаги в метровом слое почвы. В опытах агрохимслужбы в обязательном порядке перед посевом или посадкой, а в опытах с озимыми зерновыми культурами, кроме того, и в начале весенней вегетации растений на опытном участке определяют влажность почвы до 1 м.

Образцы почвы берут буром через каждые 10 см не менее чем в трех точках (скважинах), расположенных в одном из повторений опыта.

На основании полученных данных по влажности почвы подсчитывают

запасы продуктивной влаги (влага, находящаяся в почве сверх коэффициента завядания растений).

Запас продуктивной влаги рассчитывают по формуле

$$Z_{\text{пв}} = \frac{O \cdot C \cdot (B_c - B_y)}{10},$$

где $Z_{\text{пв}}$ – запас продуктивной влаги, мм; O – объемная масса исследуемого слоя, г/см³; C – толщина слоя, см; B_c – влажность исследуемого слоя, %; B_y – влажность увядания растений в исследуемом слое, % (для песчаных почв она колеблется от 0,5–2%, тяжелых суглинков достигает 12%, глин – 20%, торфяников – 50%); 10 – 1 мм осадков соответствует 10 т H₂O на 1 га.

Данные по влажности увядания для каждого типа, подтипа и гранулометрического состава почвы можно получить в агрометеорологическом учреждении, обслуживающем данную зону.

Обычно запасы продуктивной влаги в почве вычисляют послойно для слоев 0–10 см, 10–20, 20–30 см и т.д. Суммированием полученных данных можно рассчитать запасы продуктивной влаги для слоев любой толщины, например для слоев 0–20 см, 0–50 или 0–100 см.

В табл. 6.4 представлены оптимальные запасы продуктивной влаги в дерново-подзолистых почвах различного гранулометрического состава.

Таблица 1. Оптимальные запасы продуктивной влаги в дерново-подзолистых почвах, мм

Гранулометрический состав почвы	Пахотный слой почвы (10 – 20 см)	Слой почвы 0 – 100 см
Суглинистые	35–40	170–180
Супесчаные	30–35	150–160
Песчаные	20–25	80–120

Фенологические наблюдения – это наблюдения, проводимые за растениями от посева до созревания. Цель их – установить время наступления фаз развития растений. При фенологических наблюдениях обычно отмечают начало фазы, когда в нее вступает 5–10% растений делянки, и полную фазу, когда она наблюдается у 50–75% растений.

У зерновых культур (пшеница, рожь, ячмень, овес) рекомендуется отмечать следующие фазы: время посева, появление всходов, третьего листа, кущение, выход в трубку, колошение или выметывание, молочная, восковая и полная спелость, время уборки. Результаты фенологических наблюдений записывают по форме табл. 2.

Данные фенологических наблюдений используются для вычисления периодов между фазами и определения общей длины вегетационного периода растений. У зернобобовых растений (горох, фасоль, бобы, чина) отмечают посев, всходы, начало цветения, полное цветение, полное созревание, время уборки; у бобовых трав – посев, всходы, образование боковых побегов, образование соцветий, цветение, хозяйственную спелость,

даты уборки; у многолетних трав – возобновление вегетации весной и начало отрастания после каждого укоса; у льна-долгунца – всходы, "елочку", быстрый рост, бутонизацию, цветение, зеленую спелость, раннюю желтую спелость, полную спелость. У картофеля отмечают посадку, полные всходы, бутонизацию, цветение, клубнеобразование, начало естественного отмирания ботвы, время уборки; у свеклы, моркови, редиса, репы – посев, всходы, начало пучковой спелости, стрелкование, начало технической (товарной) спелости, даты уборки.

Таблица 2. Фенологические наблюдения за растениями
Опыт _____ Культура _____ Сорт _____

Вариант опыта	Дата посева	Всходы		Кущение	Выход в трубку	Колошение	Спелость			Период от начала всходов до полной спелости, дни	Густота стояния растений		
		начало	полные				молокозная	восковая	полная		после полных всходов, шт./м ²	при уборке, шт./м ²	сохранившихся к уборке, %

Наблюдение за условиями питания растений. В процессе проведения полевого опыта с удобрениями необходимо регулярное наблюдение за условиями питания растений, как для общей характеристики условий опыта, так и для объяснения влияния изучаемых в опыте удобрений на урожай и его качество. Наряду с химическими анализами растительного материала (листовая диагностика) в различные фазы вегетации в настоящее время широко используют качественно-количественные методы полевой диагностики питания растений. Эти методы позволяют установить недостаток или избыток различных элементов питания по цветной реакции клеточного сока растений с различными химическими реактивами.

Наиболее широкое распространение для этих целей получили методы Магницкого и Церлинг. Наряду с ними в полевых опытах с удобрениями применяют и метод так называемой визуальной диагностики питания растений.

Признаки голодания в отношении того или иного элемента питания могут проявляться во всех частях и органах растений. Недостаток азота, фосфора, калия, магния сначала проявляется на нижних, более старых, листьях, недостаток кальция, бора, железа, серы, марганца, меди – на молодых листьях.

Затруднения в диагностике питания растений по внешним признакам заключаются в том, что недостаток того или иного элемента у различных культур может проявляться по-разному. Кроме того, схожие признаки поражения могут проявляться у растений в результате не только недостатка элементов питания, но и под влиянием неблагоприятных внешних условий. В

основе визуального метода исследований лежит знание признаков голодания растений.

Кроме фенологических наблюдений, большая роль в выявлении эффекта действия удобрений принадлежит следующим количественным показателям роста и развития растений: измерению высоты растений, определению густоты стояния, энергии кущения, темпов накопления массы урожая, его структуры, массы корней и др.

Измерение высоты стеблей. В опытах высота стеблей измеряется в период полного цветения или перед уборкой. Среднюю высоту определяют суммой промеров всех растений на 1 м^2 и делением на число растений. Площадки размером 1 м^2 закладывают в 4–8 местах делянки в зависимости от ее размера.

Определение густоты стояния растений. Густота стояния растений – это число растений на 1 м^2 . У культур сплошного посева ее определяют дважды за период вегетации растений на постоянных площадках. Площадки выделяют после появления полных всходов и отмечают их невысокими колышками. На каждой делянке должно быть не менее четырех площадок общей площадью 1 м^2 . Они должны иметь четное число рядков и размещаться на делянке по диагонали.

У озимых и яровых зерновых, прядильных культур густоту стояния определяют два раза: после полных всходов и перед уборкой или во время уборки. Первый подсчет позволяет проверить норму посева и полевую всхожесть, а также установить густоту стояния по вариантам опыта. Второй подсчет дает возможность установить количество всех сохранившихся к уборке растений.

У пропашных культур сплошной подсчет растений делают после прорывки и перед уборкой на небольших делянках (по 100 м^2) на всей площади, а на делянках более 100 м^2 выделяют четыре площадки в разных местах делянки с общим числом растений не менее 100. Делением суммарной площади учетных делянок на число растений находят площадь питания одного растения.

Определение энергии кущения. У озимых энергию кущения (количество стеблей одного растения) определяют поздно осенью, а у озимой пшеницы и весной, так как она еще кустится в это время.

Для определения энергии кущения берут некоторое число рядков по 1 м погонной длины (по два параллельных рядка), составляющих один или несколько квадратных метров в зависимости от величины делянки. Рядки располагают в разных местах делянки, лучше всего по диагонали. Затем подсчитывают число стеблей (побегов) на 1 м погонной длины, делят на число растений (кустов) и получают значение энергии кущения. Из значений, полученных для каждого рядка метра погонной длины, находят среднее на 1 м^2 .

Определение процента перезимовки озимых культур и многолетних трав. На отмеченных колышками рядках подсчитывают растения осенью, а затем

весной после начала вегетации; второй подсчет, выраженный в процентах от первого, дает процент перезимовавших растений.

Кроме того, оценку зимостойкости озимых проводят глазомерно весной, когда растения трогаются в рост и легко отличить живые растения от погибших. Оценку ведут по 5-балльной шкале: 5 баллов – на делянке нет погибших растений; 4 балла – изреживание растений незначительное; 3 балла – гибель около половины растений; 2 балла – гибель свыше половины растений; 1 балл – гибель почти всех растений; 0 баллов – сплошное вымерзание.

Зимой жизнеспособность озимых и многолетних трав определяют, беря пробы (монолиты) для проверки отрастания растений в лабораторных условиях. Пробы отбирают с концевых защитных полос длиной 25–30 см, шириной в два смежных рядка и глубиной 20 см. После отрастания подсчитывают погибшие растения. В годы, благоприятные для перезимовки, пробы берут один раз в конце зимы. В годы с плохими погодными условиями берут дополнительные пробы через 10 дней после наступления неблагоприятного явления. В каждый срок с каждого участка следует брать по две пробы.

Определение темпов накопления зеленой массы и сухого вещества урожая. В полевых опытах с удобрениями представляет интерес установление динамики накопления растительной массы. В зависимости от культуры отбор проб растений чаще всего проводят в период наступления фаз развития или по календарным срокам (по декадам). Образцы растений отбирают так же, как и при учете густоты стояния, – с пробных рядков или площадок размером 0,25–1 м².

Отбор растительных проб на посевах зерновых культур ведут на делянках двух повторений опыта. На каждой делянке выбирают и закрепляют колышками 4 площадки, типичные для всего опыта. Площадки (не менее 4 м²) располагают по возможности у краев делянки на ее учетной части. С выделенных площадок образцы растений берут рядками или квадратами по 0,25 м². С каждой площадки отбирают не менее одного квадрата 0,25 м² или 4 полуметра погонной длины при междурядье 12,5 см. Берут по два смежных рядка в различных местах пробной площадки.

С каждого квадрата или рядка все растения выкапывают совочком или лопаткой, отряхивают их от земли и связывают в отдельный снопок. Все 8 снопиков из 16 рядков или 4 снопика из 4 квадратов связывают шпагатом в один общий сноп и привязывают к нему этикетку.

В лаборатории каждый снопок взвешивают в сыром и высушенном виде и таким образом определяют его массу в воздушно-сухом состоянии в разные фазы и выражают в граммах, на 100 растений. Определяют, если это входит в программу исследований, высоту, кустистость, засоренность растений и т.п. Затем снопики после высушивания смешивают в один образец и из него отбирают среднюю пробу для анализа на химический состав растений. Масса пробы 200–250 г.

Для пропашных культур (картофель, свекла) отбирают определенное число растений (100 растений свеклы в начале вегетационного периода и по 10–20 корней свеклы или кустов картофеля во второй половине вегетации). Для определения динамики накопления урожая клубней и выноса из почвы питательных веществ картофелем пробы берут в период вегетации в основные фазы роста и развития растений.

Пробу по 10–20 кустов берут с одного конца поперек учетной делянки в каждый срок на двух повторностях. Пробы берут утром в сухую погоду. Кусты тщательно выкапывают, отряхивают от земли, клубни отделяют от столонов, очищают от почвы и взвешивают. Обязательно взвешивают ботву, предварительно отделив от нее столоны и корни. Клубни сортируют на фракции (мелкие, средние, крупные), каждую фракцию взвешивают и вычисляют, какой процент она составляет от массы всех клубней. Отобранные пробы служат также для химического анализа. Затем согласно процентному соотношению составляют среднюю пробу массой 1 кг.

Определение структуры урожая. Структура урожая – это состав слагающих его частей после созревания. У разных культур она различна. Общим для всех культур являются число растений на единице площади и средний урожай одного растения. Для зерновых большое значение имеют продуктивная кустистость, озерненность колоса, масса 1000 зерен.

Учет отдельных элементов структуры урожая позволяет вычислить биологический урожай, сравнить величину его с фактическим, а затем выявить качество способа уборки и метода определения урожая.

У зерновых культур количественные учеты отдельных показателей проводят по основным образцам (за 1–2 дня до начала уборки), которые отбирают с четырех пробных площадок, выделенных для определения густоты стояния растений. Если площадки не выделялись, то сноп набирают в 4 местах делянки с общей площади в 1 м². На пробной площадке с четным числом рядков растения подкапывают лопатой, выдергивают, считают число растений, затем их связывают, помещают в мешок, привязывая этикетку, в которой указывают название опыта, вариант, повторность, номер делянки, номер снопа, число растений, дату отбора. Затем снопы сушат и проводят их анализ, определяя: 1) общее число растений; 2) число плодоносящих стеблей; 3) общую и продуктивную кустистость; 4) высоту растений; 5) длину колоса или метелки; 6) количество колосков в колосе; 7) число зерен в колосе и их массу; 8) биологическая урожайность зерна и соломы. Данные анализа пробного снопа (снопового образца) записывают по форме табл. 6.6.

Показатели структуры урожая зерновых культур определяют по 30 растениям, отобранным методом средней пробы из снопового образца. Если представляется возможным, число растений увеличивают до 50–100.

Структуру урожая картофеля определяют, отобрав с каждой делянки пробу, состоящую из 10–20 растений или гнезд, и записывают данные по форме табл. 3.

Учет урожайности. За два-три дня до уборки, если этого не было сделано

раньше, восстанавливают границы учетных делянок, тщательно осматривают каждую и при необходимости делают выключки.

Выключка – это часть учетной площади делянки, исключенная из учета из-за повреждений вследствие стихийных явлений природы (вымочки и т.п.), случайных повреждений (потравы скотом, грызунами, птицами и т.д.) или допущенных ошибок. В опытах с зерновыми культурами, льном, однолетними и многолетними травами, сахарной свеклой и некоторыми овощными культурами (столовые корнеплоды, лук) выключки делают при выпадении растений в рядах на отрезке 50 см и более, в опытах с картофелем, кукурузой, капустой, томатами и другими культурами широкорядного сева – при выпадении подряд трех и более растений при рядковом посеве (посадке). В этих случаях в выключки включают также соседние с выпавшими растения: в опытах с пропашными культурами – по одному растению, в опытах с культурами сплошного сева – на полосе шириной 25–30 см. Если выключки составляют более 50% площади учетной делянки, делянка бракуется. Из соображений удобства выключки лучше делать правильной формы: прямоугольной или квадратной.

Таблица 3. Анализ пробного снопа

Опыт _____ Культура _____ Сорт _____

Вариант опыта	Дата уборки	Количество, шт./м ²			Кустистость		Колос				Масса на 1 м ²		Масса 100 зерен, г	Биологическая урожайность, т/га			Соотношение зерна и соломы	
		растений	стеблей		общая	продуктивная	длина, см	число колосков, шт.	число зерен, шт.	масса зерна, г	растений	зерна		общая	зерна	соломы		
			всего	с колосом														

Примечания: 1. Общая кустистость – это отношение количества всех стеблей к количеству растений на 1 м². 2. Продуктивная кустистость – это отношение продуктивных стеблей к количеству растений на 1 м².

Таблица 4. Структура урожая картофеля

Вариант опыта	Число растений на 1 га	Масса ботвы с 1 куста, кг	Число клубней с 1 куста, шт.				Масса клубней с 1 куста, кг				Биологическая урожайность, т/га								
			всего	крупных	средних	мелких	всего	крупных	средних	мелких	всего	крупных	средних	мелких					

Примечания: 1. При определении структуры урожая картофеля клубни сортируют по фракциям: крупные – более 100 г, средние – 50 – 100 г, мелкие – 50 г. 2. Товарность урожая определяется по фракциям крупных и средних клубней.

Учет урожайности осуществляют сплошным (прямым) или косвенным (по пробному снопу) методом. Более точен *сплошной учет урожайности* всех культур: продукцию с учетной площади каждой делянки собирают в мешки, помечают их этикетками, взвешивают отдельно. Зерновые культуры чаще убирают малогабаритным комбайном. Ширина учетной делянки должна быть кратной захвату жатки комбайна. Чтобы зерно с разных делянок не смешивалось, после уборки каждой делянки комбайн останавливают и после 3–4 мин работы на холостом ходу снимают и взвешивают мешки.

Для определения влажности, засоренности, а при необходимости химического состава и качества зерна в стеклянную посуду или полиэтиленовый мешок отбирают средний образец зерна – 1,5–2 кг, в мешок из ткани отбирают образец соломы – 0,3–0,5 кг. Урожайность доводят до стандартной влажности: для зерновых культур – 14% (чистота 100%), льносоломки – 19%, семян льна – 12%, сена трав – 16%.

Урожайность, приведенная к одинаковой стандартной влажности, вычисляется по формуле:

$$Y_c = Y_n \frac{100 - W_n}{100 - W_c},$$

где Y_c – урожайность, приведенная к стандартной влажности, ц/га или кг/делянку; Y_n – урожайность, полученная в опыте, ц/га или кг/делянку; W_n – влажность урожая при учете, %; W_c – стандартная влажность урожая, %.

Для клубней и корнеплодов, убранных в дождливую погоду, вводится поправка на загрязненность.

При учете урожайности по пробному снопу в сушку и учетный обмолот поступает не вся продукция делянки, а средняя проба – пробный сноп. При этом способе делянка, как и при сплошном учете, урожай убирается полностью, а затем из растений, взятых в 15–20 точках, равномерно расположенных на учетной площади, составляют два пробных снопа. На каждый из них должно приходиться 1–2% урожая делянки: снопы зерновых и зернобобовых культур, трав обычно весят 4–5 кг, льна – до 15 кг. Весь урожай делянки (включая пробные снопы) взвешивают, затем отдельно пробный сноп с точностью до 5 г. По урожаю всей делянки и массе пробного снопа находят коэффициент пересчета урожая делянки по пробному снопу, который рассчитывается для всех других делянок.

Пробными снопами чаще пользуются в опытах со льном. Пробные снопы подсушивают, очесывают, обмалачивают и определяют выход соломы и семян. Затем массу соломы и семян умножают на коэффициент пересчета и получают урожайность с учетом площади делянки. Данные учета урожайности заносят в журнал полевого опыта и проводят их первичную обработку.

При учете урожайности по пробному снопу так же, как и при сплошном учете, отбираются образцы как основной, так и побочной продукции для

определения ее качества. Преимущество учета урожайности по пробному снопу заключается в возможности в небольших помещениях учитывать урожаи большого числа делянок, а также в меньшей трудоемкости перевозки учитываемой продукции.

Все результаты учета независимо от применяемого метода заносятся в полевой дневник по заранее составленной форме. Ниже приведены образцы записей и расчетов при сплошном учете урожайности (табл. 5) и при учете урожая по пробному снопу (табл. 6).

Таблица 5 Образец записи и пересчета при сплошном учете урожайности

№ делянки	Вариант опыта	Учетная площадь, м ²	Коэффициент пересчета на 1 га	Урожайность с делянки, кг			Урожайность, т/га		
				общей массы	зерна	соломы	общей массы	зерна	соломы

Таблица 6. Образец записи и пересчета при учете урожая по пробному снопу

№ делянки	Вариант опыта	Учетная площадь, м ²	Коэффициент пересчета на 1 га	Сырая масса, кг		Отношение массы урожая всей делянки к массе пробного снопа	Сухая масса при обмолоте, кг			Сухая масса урожая делянки, кг			Урожайность, т/га			
				всей делянки	пробного снопа		общей массы	зерна	Соломы	общей массы	зерна	Соломы	общей массы	зерна	соломы	

Ценность результатов опыта выше, если кроме влияния удобрений на урожайность изучается их действие на качество продукции. Основными показателями качества продукции зерновых культур являются сухое вещество, содержание азота, фосфора и калия в зерне и побочной продукции, белка в зерне, масса 1000 зерен, а также содержание крахмала в пивоваренном ячмене, клейковины – в зерне озимой пшеницы и ржи и другие показатели; сахарной свеклы – сухое вещество, азот, фосфор, калий в корнеплодах и побочной продукции, сахар в корнеплодах щелочная зола, потери сахара в мелиссе; картофеля – сухое вещество, азот, фосфор, калий, крахмал, витамин С, нитраты, вкус, потери при хранении; прядильных культур – выход волокна и его номер, а в семенах – сухое вещество и жир.

По содержанию в основной и побочной продукции элементов питания можно рассчитать хозяйственный вынос каждого элемента питания по формуле:

$$B = \frac{Y_o C_o (100 - W_o) + Y_n C_n (100 - W_n)}{100},$$

где B – вынос элементов питания, кг/га; Y_o и Y_n – урожайность основной и побочной продукции при стандартной влажности, ц/га; C_o и C_n – содержание

элемента в основной и побочной продукции, % к абсолютно сухой массе; W_0 и W_n – стандартная влажность основной и побочной продукции.

Данные хозяйственного выноса используются при определении коэффициентов усвоения питательных элементов из почвы и удобрений. Для определения выноса питательных элементов на единицу основной продукции с учетом побочной хозяйственный вынос делят на урожай основной продукции (кг на 1 или 10 ц зерна, клубней, корнеплодов, волокна, зеленой массы).

Кроме хозяйственного выноса различают биологический вынос питательных элементов с урожаем. Это – общий вынос элементов с хозяйственно ценной продукцией вместе с корневыми и пожнивными остатками этих растений в поле. Биологический вынос всегда выше хозяйственного.

Все данные опыта обрабатываются статистически, чтобы установить достоверность различий между средними результатами по вариантам опыта. По любому эксперименту на основании данных журнала полевого опыта составляется краткий отчет.

Содержание журнала полевого опыта:

1. Тема опыта, его схема (варианты).
2. Характеристика опытного участка: а) местонахождение (название хозяйства, севооборот, поле); б) графический план участка (расположение, длина и ширина опытных полос, дороги, ориентация по странам света и пр.); в) рельеф; г) почва (тип, гранулометрический состав, мощность гумусового горизонта и пр.); д) история участка (предшественник, засоренность, агротехника за 3–5 лет и пр.); е) пестрота почвенного плодородия участка.
3. Условия закладки опыта: а) основная и предпосевная обработка почвы на участке при закладке опыта (вид обработки, время работы, орудия, глубина, число следов); б) семена и подготовка их к посеву (культура и сорт, сортовая чистота, физические свойства семян, их жизнеспособность и всхожесть, обработка семян перед посевом и пр.); в) удобрение (название, процентное содержание питательных веществ), подготовка удобрений (растаривание, измельчение), время внесения, способ внесения и заделка, машины, посев (дата, марка сеялки, прикатывание).
4. Работы, проводимые на опытном участке: даты, наименование работ, агротехника, тракторы, машины и оборудование, объем выполненных работ, качество и пр.
5. Наблюдения за посевами и проведение исследования в поле: данные, взятые из полевых тетрадей, по опытным полосам тех вариантов и повторностей, на которых проводились наблюдения или исследования.
6. Лабораторные исследования и учеты, которые записывают по вариантам и повторностям опыта на основании данных, имеющих в лабораторных тетрадях (после их обработки).
7. Уборка урожая: время, способы уборки и обмолота, машины, объем и качество работ; особенности уборки.
8. Учет урожая: площади опытных полос, площади выключек, учетная площадь опытных полос, урожай зерна (клубней, корнеплодов, зеленой массы) с опытной полосы и в пересчете в т/га, качественная оценка урожая (по данным исследования), урожайность побочной продукции (солома, мякина, ботва и пр.).
9. Оценка полученных данных, выводы и предложения по опыту: достоверность данных по наблюдениям и урожаям, выбраковка в некоторых из них с объяснением

причин, математическая, агротехническая и экономическая оценка полученных данных, выводы и предложения.

К отчету по полевому опыту предъявляются следующие основные требования: наличие ведущей идеи (гипотезы), фактическая достоверность полученных данных, логическая последовательность, ясность, краткость и убедительность изложения.

В отчете необходимо указать: 1) цель и значение исследования; 2) краткую историю вопроса; 3) схему, условия и методику опытов и наблюдений; 4) основные результаты работы; 5) выводы и предложения; 6) список использованной литературы.

Производственные опыты

Полевые опыты, проводимые в производственных условиях, можно разделить на четыре вида: 1) опыты-пробы; 2) точные сравнительные опыты; 3) опыты по учету эффективности новых агротехнических приемов; 4) демонстрационные опыты.

В любом хозяйстве в том или ином объеме проводят так называемые *опыты-пробы*, которые являются широко доступным агрохимическим методом поиска нового, что может быть в последующем использовано для совершенствования сельскохозяйственного производства. Эти опыты ставят на небольших делянках (полосах) и, как правило, без повторности. Ведутся визуальные наблюдения за ростом и развитием растений, учет урожая, что позволяет отобрать те сочетания (варианты), которые заслуживают внимания, более глубокого изучения и всесторонней оценки в сравнительных полевых опытах.

Кроме опытов-проб в хозяйствах необходимо ставить *точные сравнительные полевые опыты* по разработке дифференцированной агротехники, испытанию новых приемов и технологий, рекомендованных научными учреждениями. Эти опыты должны проводиться в соответствии с основными требованиями методики полевого опыта.

Площадь делянки полевых опытов в хозяйственных условиях устанавливают в зависимости от содержания и цели опыта, особенностей культуры и пестроты плодородия почвы. Часто, однако, решающим фактором являются технические условия проведения эксперимента. Размер делянки должен позволять максимально механизировать проведение всех сельскохозяйственных работ производственными машинами и орудиями. Практика постановки полевых опытов в сельскохозяйственных предприятиях показывает, что целесообразная ширина делянки (полосы) для зерновых – 8–16 м, для пропашных культур – 5–10 м, а общая площадь – около 500 м². При таких размерах делянки для опыта с 3–4 вариантами и 3–4-кратной повторностью требуется земельный участок площадью не больше 2,5–3 га.

Все агротехнические работы в полевых опытах нужно проводить своевременно и высококачественно, с соблюдением единства всех прочих

условий, кроме изучаемого. Урожай в опытах, закладываемых в производстве, учитывают, как правило, сплошным методом со всей учетной площади делянки. Данные учета урожая следует обрабатывать статистически: методом дисперсионного анализа.

Следующий этап опытных работ в производстве – объективный количественный учет *хозяйственной эффективности агротехнических мероприятий*. Это, по существу, совмещение процесса внедрения и исследования тех новых приемов или технологий, агротехническая оценка которых уже дана на опытных станциях и в полевых сравнительных опытах сельскохозяйственных предприятий, но необходимы усовершенствование и дальнейшая дифференциация их в условиях конкретного хозяйства.

Для учета эффективности нового агротехнического приема (сорта) или технологии в общем массиве, где будет внедряться прием, выделяют 3–4 контрольные полосы. Ширина контрольных полос для культур сплошного сева должна быть не менее 10–20 м, пропашных культур – 5–10 м. На этих полосах новый (опытный) агротехнический прием не применяют. Контрольные полосы необходимо выделять так, чтобы они охватывали все разнообразие условий земельного массива и правильно характеризовали агротехническую эффективность внедряемого приема. Границы контрольных полос на концах поля фиксируют кольшками и вешками.

При уборке урожай учитывают отдельно на контрольных полосах и на рядом расположенных и параллельных им полосах хозяйственного посева, где применяют новый прием. Количество и площади контрольных и опытных учетных полос должны быть одинаковыми: для культур сплошного сева – не менее 0,25 га, для пропашных – не менее 0,1 га.

Учет урожая на всех полосах проводят механизированным сплошным методом, как и в производственных опытах. Наряду с агрономической рассчитывают экономическую эффективность внедрения нового агротехнического мероприятия, сопоставляя дополнительные затраты труда и средств производства со стоимостью дополнительного урожая.

Если новый агротехнический прием не требует дополнительных затрат, то никаких расчетов, кроме агрономической и статистической оценки, проводить не следует, так как экономический эффект таких приемов очевиден.

Важная роль в пропаганде достижений науки и передового опыта принадлежит *демонстрационным, или показательным, полевым опытам*. Главная задача этих опытов – дать наглядное представление о преимуществе и особенностях нового агротехнического приема, технологии возделывания, нового сорта или культуры. Для демонстрационных опытов, которые закладывают в опорно-показательных хозяйствах, на экспериментальных базах научно-исследовательских учреждений и в передовых хозяйствах, отбирают те приемы и способы, агротехническая оценка которых дана в полевых опытах, хорошо отработана вся технология и, следовательно, нет оснований сомневаться в их эффективности.

Закладывают демонстрационные опыты в полях хозяйственного севооборота на участках (полосах), позволяющих полностью механизировать возделывание опытной культуры. Работы по закладке и проведению опыта должны быть выполнены своевременно и высококачественно.

На участке, где заложен демонстрационный опыт, целесообразно организовать семинары с руководителями и специалистами соседних хозяйств, указать условия получения наибольшего эффекта от рекомендуемого способа возделывания.