Планирование исследований

Планирование опыта – это поиск оптимальных условий роста растений с целью повышения урожая и улучшения его качества. В научных опытах по агрономии в качестве объекта исследований выступает сельскохозяйственное растение, на которое действуют различные факторы окружающей действительности. Факторы, вызывающие изменчивость у растений, можно подразделить на управляемые, малоуправляемые и неуправляемые. К управляемым факторам можно отнести сорт, удобрение, пестициды, севообороты, способы обработки почвы и посева и т. п., к малоуправляемым – температуру воздуха, почвы, свет и т. п., к неуправляемым (дрейфующим) – факторы, влияющие на ход воспроизводства опыта (атмосферные осадки, морозы и др.).

Планирование опытов является важной и ответственной частью работы исследователя, обеспечивающей действие поставленных задач с необходимой точностью. Основная задача при планировании опыта – это поиск оптимальных условий роста растений для повышения урожая и улучшения его качества. Проведение опыта по заранее составленному плану позволяет:

– управлять экспериментом и резко повысить эффективность исследований;

– сократить затраты времени и материальных ресурсов за счет более четкой организации, высокой точности и оптимального числа опытов;

– определить форму статистического анализа результатов;

– построить четкую программу исследований.

Любое научное исследование включает в себя три основных этапа или периода:

1) подготовительный или собственно планирование;

2) проведение опытов, наблюдений, учетов и анализов;

3) статистическая обработка и обобщение полученных экспериментальных данных и передача их по целевому назначению.

Под планированием понимают выбор объекта исследований, постановку цели и задач исследования, разработку схемы эксперимента, выбор вида опыта и его оптимальной структуры.

Таким образом, планирование исследований – это целый ряд последовательных этапов работы. В структуре планирования опыта можно выделить два этапа.

Первый этап планирования включает:

– выбор объекта эксперимента и темы исследований;

– формулировку целей и задач исследования;

– определение условий проведения эксперимента;

– сбор и критический анализ научной информации о состоянии изученности исследуемого вопроса или проблемы в целом;

– определение актуальности и новизны исследований;

– выдвижение рабочей гипотезы или конкурирующей гипотезы и их обоснование.

Второй этап планирования предусматривает разработку программы исследования. Наиболее важными моментами этого этапа являются следующие:

– определение названий разделов и вопросов экспериментальной работы, места, условий и сроков их проведения;

– разработка схемы и методики проведения опытов;

– выбор земельного участка под опыт;

– составление календарного плана выполнения всех видов работ;

– разработка и составление плана фенологических наблюдений, учетов и анализов с указанием сроков и частоты их проведения и объектов, а также сопутствующих наблюдений;

– составление финансового плана (если наблюдения исследований финансируются);

– составление годового и финансового отчета.

Требования к выбору объекта исследований в агрономии

Любой опыт – это по сути диалог между исследователем, ищущим ответ на поставленный вопрос, и объектом изучения – растением, отвечающим определенной реакцией на воздействие.

Объектом исследований в агрономии является растение.

Сельскохозяйственные растения характеризуются большим разнообразием биологических форм и индивидуальной изменчивостью в онтогенезе. Поэтому биологические объекты в отличие от таковых в естественнонаучных областях с трудом поддаются стандартизации, так как дисперсия (изменчивость) их свойств имеет как генетические, так и экологические причины.

Правильный выбор объекта исследований не только облегчает работу, но и способствует достижению успеха. Поэтому в документах опыта (полевой дневник, лабораторный журнал) необходимо фиксировать не только методику и условия постановки опыта, но и точную характеристику объекта исследований и его происхождение.

К сожалению, этой проблеме многие исследователи не уделяют должного внимания, несмотря на то, что правильный выбор объекта наполовину предрешает успех дела.

Главными критериями выбора объекта, на котором будут проводиться запланированные исследования, являются удобство для работы и воспроизводимость получаемых результатов.

Например, если бы финансовые затруднения не заставили Т. Моргана отказаться от опытов на морских свинках и обратить внимание на другой объект – муху дрозофилу, генетика, возможно, не стала бы так быстро лидером современной биологии.

Новый объект давал возможность получить новое поколение в течение месяца и тем самым резко ускорить работу.

Использование И. В. Мичуриным и Л. Бербанком неудобных с точки зрения генетики объектов плодовых культур помешало этим великим ученым понять глобальное значение законов Г. Менделя.

Выбранный объект исследования должен не затруднять, а облегчать решение поставленных задач. Он должен быть выбран с учетом вида опыта (лабораторный, вегетационный, полевой) и легко переносить его специфические условия.

Опыты в лаборатории, климокамере или теплице требуют выбора такого растения, которое легко переносило бы специфическую экологию помещения, было бы устойчивым к болезням и вредителям, распространенным в данных помещениях, где применение ядохимикатов нежелательно.

Полевые опыты следует проводить на адаптированных к местным условиям сортах, которые рекомендованы для возделывания в данной зоне.

Объект исследований не должен обладать широким полиморфизмом, за исключением особых случаев. Поэтому, если используется реестровый сорт, то он должен быть высокой репродукции, где выше вероятность генетической однородности. Семена сортов для опыта

должны быть взяты не ниже элиты и только из зоны их районирования. Предпочтение нужно отдавать сортам и гибридам, которые характеризуются короткостебельностью, устойчивостью к вредителям и болезням, так как требуют меньших финансовых затрат и физических сил по уходу за ними.

Требование воспроизводимости довольно сложно выполнить в связи с тем, что объект исследования зачастую имеет сложную популяционную структуру и в процессе репродуцирования сильно изменяется, так как качество семян сильно зависит от условий года и места произрастания, в результате чего формируются семена с различными урожайными качествами.

Суть требования воспроизводимости состоит в том, что при повторении эксперимента или его продолжении мы должны использовать тот же самый объект, что на деле выполнить не так-то просто. Большинство сортов имеет сложную популяционную структуру и в процессе репродуцирования в различных зонах эти сорта между собой будут различаться различной частотой встречаемости генотипов. Вот почему для опытов семенной материал лучше всего получать от учреждений-оригинаторов.

На изменение структуры популяции объекта оказывают влияние следующие причины:

– неодинаковое действие (давление) естественного отбора на различные биотипы популяций;

– перекрестное опыление, имеющее место у большинства видов самоопылителей;

– механическое засорение.

При анализе отдельных растений полиморфизм образца может привести к тому, что в последовательном ряду проб или в парах (контроль-опыт) будут взяты различные по своим свойствам генотипы. В этом случае исследователь рискует принять различия между генотипами за эффекты изучаемых в опыте факторов. Поэтому в работах, связанных с анализом отдельных растений при небольших размерах учетной площади, необходимо использовать только чистые линии, которые являются потомством одного гомозиготного растения. В данном случае внутрилинейная изменчивость обусловлена экологической пестротой поля и условиями формирования семян внутри соцветия (матрикальная разнокачественность). При работе с перекрестноопыляемыми культурами (кукуруза, рожь, свекла, клевер, люцерна и др.) лучше всего воспользоваться гибридными семенами, которые генетически однородны.

Таким образом, нельзя пользоваться для закладки опыта случайно подвернувшимся под руку семенным материалом. Необходимо для посева использовать только протравленные семена высоких репродукций, что гарантирует их высокую однородность и выравненность по хозяйственно-биологическим характеристикам.

Выбор темы, постановка целей и задач опыта

Успешное проведение опыта во многом зависит от выбора темы и точной формулировки задач, помогающих раскрыть тему. При выборе темы следует представлять уровень ее разработанности, перспективность и запросы производства.

Выбору темы предшествует тщательное ознакомление с отечественными и зарубежными источниками литературы по предполагаемой проблеме. По мнению ряда ученых, выбрать тему зачастую гораздо сложнее, чем провести само исследование. Поэтому к теме предъявляют ряд требований.

Тема эксперимента должна быть конкретной, четко сформулированной, а название должно отражать сущность исследования.

Тема должна быть экономически эффективной и иметь значимость. В результате внедрения разработки любой темы прикладных исследований должен быть получен экономический эффект в народном хозяйстве.

При разработке теоретических исследований требование экономичности может уступать требованию значимости. Значимость как главный критерий темы имеет место в фундаментальных исследованиях, где экономический эффект на начальных этапах установить практически невозможно.

Тема должна соответствовать профилю научного коллектива. Ведь каждый научный коллектив по сложившейся традиции имеет свой профиль, квалификацию, компетентность. Такая специализация, как правило, сокращает сроки выполнения исследований и повышает как теоретический уровень разработок, так и экономическую эффективность и качество выполняемой разработки. Вместе с тем коллективы должны иметь и непрофильные темы, не отличающиеся сильно от основной тематики коллектива.

Важной характеристикой темы является ее осуществимость или внедряемость. При разработке темы следует оценить ее возможность окончания в плановый срок и внедрения в производственных условиях заказчика.

В большинстве случаев источником тем для исследований являются прямые заказы сельскохозяйственного производства (хоздоговорные темы), выполняемые по заданию министерства или по плану научно-исследовательских организаций, но они могут и отсутствовать. Поэтому научный работник должен знать узкие места производства, предвидеть потребности в будущем и начать работать в этом направлении заранее. Конечно, для формулировки определенной, четко ограниченной, а не расплывчатой темы нужна соответствующая материально-техническая база, где намечено проводить исследование. Поэтому интересные перспективные темы могут быть не выполнены, если в учреждении отсутствует соответствующая база.

При выборе темы исследования необходимо руководствоваться такими критериями, как научная актуальность, новизна и перспективность.

Под актуальностью темы понимают ее народнохозяйственное значение, т. е. она является важной, требующей разрешения в настоящее время. Это требование к теме – одно из основных. Четких критериев оценки актуальности нет. Более легко оценить актуальность прикладных тем исследований можно по экономическому эффекту от внедрения. Поэтому при выборе и разработке темы исследования целесообразно предварительно рассчитать затраты на ее выполнение и ожидаемый экономический эффект, который будет получен при внедрении в производство.

Перспективность темы оценивают специалисты-эксперты с помощью оценочной балльной шкалы.

Под научной новизной понимают, что данная тема в такой постановке никогда не разрабатывалась и в настоящее время не разрабатывается, т. е. исключается дублирование. Дублирование иногда возможно только в том случае, когда по заданию руководящих организаций или правительства одинаковые темы разрабатывают два конкурирующих коллектива в целях разрешения важнейших государственных проблем в кратчайшие сроки.

Цель и задачи исследования довольно часто формулируются в общей форме, что нередко затрудняет их выполнение в пределах одного опыта.

Формулировка общих целей и задач научно-исследовательской работы применяется при планировании исследований крупными научными учреждениями. При планировании конкретного опыта исследования следует ограничиться рамками того вопроса, на который необходимо получить ответ.

Цель – это фактор, который является способом воздействия на объект исследования для повышения урожайности и качества продукции.

Изучаемый фактор, которым воздействуют на объект, должен быть управляемым, регулируемым и измеряемым с достаточно высокой точностью. Если изучается совокупность действия нескольких факторов, они должны быть совместимы, т. е. все их комбинации должны быть осуществимы и безопасны. Например, изучаемые дозы пестицидов должны быть безопасны для человека и животных. Кроме этого изучаемые факторы должны быть независимы друг от друга, т. е. между ними не должно быть тесной корреляционной зависимости. Правильно поставленные задачи раскрывают цель исследования, дают возможность ответить, за счет чего произошло увеличение или снижение урожайности или качества продукции по вариантам опыта. Обычно количество задач, подлежащих исследованию по теме одним научным работником, колеблется от 3 до 8. При этом важная роль принадлежит руководителю, который ограничивает и направляет поиск в нужном направлении.

Выбор и формулировка темы исследования, определение цели, задач и объекта эксперимента – трудный период работы, требующий изучения проблемы в целом по литературным источникам.

Изучение научной литературы и выдвижение рабочей гипотезы

Во избежание дублирования необходимы сбор и критический анализ информации о состоянии изученности исследуемой проблемы, имеющийся в научной литературе. Опыты никогда нельзя закладывать, пока полностью не изучены проведенные ранее исследования. В этом отношении полезно помнить военное правило: время, затраченное на разведку, редко бывает затрачено впустую.

При изучении литературы главное внимание должно быть уделено на изучение монографий, журнальных и научных статей, диссертаций, научных отчетов, патентной документации, переводов иностранной литературы и других первоисточников. В результате можно довольно полно выявить степень изученности вопроса.

При изучении литературы исследователь должен обращать внимание не только на результаты и выводы, полученные в опытах, но и тщательно анализировать методику и условия их проведения. В результате анализа литературных данных должно быть получено четкое представление о том, что по данному вопросу выяснено и точно установлено по методикам, соответствующим современным требованиям и не вызывает сомнения, что осталось неясным или вызывает сомнения, так как применялись несовершенные методы исследования, а также, что осталось совершенно неизученным.

Неотъемлемым требованием проработки научной литературы является запись прочитанного, что в дальнейшем позволяет проанализировать текст и отобрать нужную информацию для разрабатываемой темы. Записи делают в виде выписок, аннотаций и конспектов.

Выписка – это краткое (или полное) содержание отдельных фрагментов (разделов, глав, параграфов, страниц) информации. Выписки могут заменить сплошное конспектирование текста, а краткость их позволяет в малом объеме накопить большую информацию.

Аннотация – это сжатое содержание первоисточника, которое составляется на целый документ информации в целом. Аннотации удобно накапливать на отдельных карточках по различным вопросам изучаемой темы.

Конспект – это подробное изложение содержания информации в достаточно краткой форме основных моментов разрабатываемой темы. Конспект следует составлять на каждый литературный источник отдельно, записи вести на одной странице, оставляя широкие поля. Это нужно для того, чтобы при необходимости дополнить новым материалом, своим анализом данного источника.

В результате изучения литературы, ее аналитического обзора исследователь «вчерне» прикидывает соотношение известных и неизвестных сведений. На основании литературных данных у экспериментатора вырабатывается четкое отношение к ранее известным фактам, окончательно формируется отношение к идеям и гипотезам авторов информации.

В результате изучения научной литературы по теме исследований, как правило, выполняют литературный обзор, где делаются ссылки на использованные источники информации. Учет проработанной информации сводится к составлению библиографии (списка используемой литературы).

Библиография – это перечень различных информационных документов с указанием следующих данных: фамилия и инициалы автора, название источника, место издания, издательство, год издания, объем источника в страницах.

Процесс ознакомления с литературными источниками по изучаемому вопросу дает возможность разработать рабочую или конкурирующую гипотезу.

Рабочая гипотеза – это научное предположение тех закономерностей, на которых основывается объяснение ожидаемых в опыте результатов.

Построение гипотезы служит отправным пунктом для планирования схемы будущего опыта и разработки программы исследования.

Рабочая гипотеза является одним из главных методологических инструментов организации процесса исследования. Выдвигая рабочую гипотезу, исследователь предполагает возможность ее доказательства.

При этом выдвигаемая гипотеза должна удовлетворять следующим требованиям:

– обладать проверяемостью;

– обладать определенной предсказательностью;

– характеризоваться логической непротиворечивостью.

Проверяемость – одно из логических требований, выполнение которого позволяет выдвинуть (но не принять) гипотезу.

Предсказательность гипотезы является побудительным мотивом к постановке и проведению исследования.

Логическая непротиворечивость гипотезы не должна противоречить накопленным ранее фактам.

Таким образом, рабочая гипотеза – это научное предположение о развитии явлений, на которых основывается объяснение ожидаемых в поставленном опыте результатов.

При планировании исследований исходят из предположений о том, какие факторы играют важную роль и какие не имеют отношения к данному опыту.

Как правило, практическая проверка гипотез сводится к проверке определенных статистических гипотез. В большинстве случаев задача заключается в проверке гипотезы об отсутствии реального различия между фактическими и теоретически ожидаемыми результатами. Эту гипотезу называют нулевой и обозначают символом H_0.

Нулевая гипотеза не опровергается исследователем в том случае, если при статистической обработке экспериментальных данных различия между этими данными и теоретиче-

скими показателями близки к нулю или находятся в области допустимых значений. В противном случае нулевая гипотеза опровергается.

Принятие нулевой гипотезы означает, что данные наблюдений не противоречат предположению об отсутствии различий между фактическими и теоретическими распределениями. Справедливость нулевой гипотезы проверяется вычислением статистических критериев проверки для определенного уровня значимости. Одним из таких методов является интервальная оценка.

Программа исследований

После выдвижения и обоснования рабочей гипотезы разрабатывают программу исследований, в которой указывают:

– схему полевого опыта или нескольких опытов;

– условия проведения исследований;

– элементы методики и план эксперимента;

– технику закладки и агротехнику проведения опытов;

– сопутствующие наблюдения, их методику и объем работы;

– методы статистического анализа экспериментального материала.

Основой программы исследований является методика эксперимента. Программа должна быть направлена на реализацию поставленных задач эксперимента. Для конкретного (не комплексного) эксперимента количество задач должно быть небольшим (3–4 задачи), в комплексном – не более 8–10.

Необходимо в эксперименте правильно определиться с варьирующими факторами, т. е. установить основные и второстепенные характеристики, влияющие на исследуемый процесс, а программа исследований должна быть направлена на нахождение зависимостей между этими факторами.

Программа исследований должна быть составлена достаточно полно, чтобы ответить на все поставленные заданием вопросы, и в то же время в ней не должно быть ничего лишнего, чтобы не увеличивать без надобности намеченную программу. Поэтому программа должна быть хорошо и детально продумана. В программе исследований первостепенное значение имеют схема и методика опыта. Составленная схема опыта показывает лишь число вариантов в ней, с помощью которых решается поставленная задача.

Варианты в схеме опыта делятся на опытные и контрольные (стандартные).

Под опытным вариантом понимают изучаемые растения, на которые воздействуют определенной градацией изучаемого фактора. Вариант схемы, с которым сравнивают опытные варианты, называют контролем или стандартом (st). За контрольный вариант принимают хорошо изученный и широко применяемый в конкретных условиях агротехнический прием, районированный сорт и т. п. В зависимости от задач, решаемых в опыте, в схеме опыта может присутствовать несколько контрольных вариантов.

При разработке схемы опыта необходимо выполнять следующие требования.

1. Соблюдать принцип единственного различия и факториальности. Принцип единственного различия означает, что все варианты опыта отличаются друг от друга одним единственным количественным или качественным признаком.

Принцип факториальности применяется при построении схем многофакторных опытов. Схема опыта, построенная с соблюдением этого принципа, включает все возможные сочета-

ния изучаемых факторов и позволяет установить эффективность каждого фактора в отдельности и во взаимодействии.

2. Правильно выбрать контрольный вариант и определить общие неизучаемые условия эксперимента (фон).

3. Установить интервал (шаг) варьирования (изменчивости) и градации изучаемого фактора (в однофакторном опыте) или нескольких факторов (в многофакторном опыте). При этом на основании выдвинутой рабочей гипотезы необходимо определить центр эксперимента, т. е. ту градацию фактора, при которой следует ожидать наибольшее значение результативного признака. При уменьшении или увеличении количества (напряженности) фактора от его основного уровня (центра эксперимента) величина результативного признака уменьшается (рис. 1).

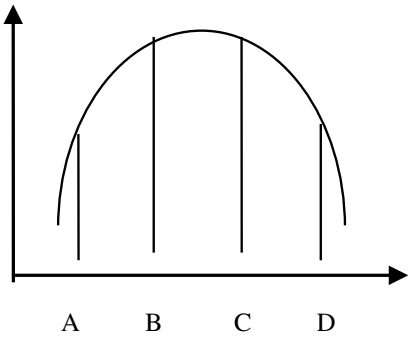


Рис. 1. Типичная форма кривой однофакторной зависимости,
AB – лимитирующая область, BC – стабилизирующая область, CD – ингибирующая область

Вариантов в схеме опыта должно быть столько, чтобы они охватывали все области эксперимента: лимитирующую, в которой увеличение градации фактора X ведет к росту результативного признака Y; стабилизирующую (стационарную), в которой увеличение или уменьшение градации фактора X от центра эксперимента не изменяет величину результативного признака Y или изменения являются несущественными; ингибирующую, в которой дальнейшее увеличение градации фактора ведет к уменьшению результативного признака.

Для этого от центра эксперимента к его крайним значениям берут примерно одинаковое число вариантов. В лимитирующую или ингибирующую зону должно приходиться 1–2 варианта и минимум 2–3 варианта – в стационарную.

Интервал (шаг эксперимента) между вариантами (градациями фактора) должен изменять результативный признак на величину, превышающую планируемую ошибку опыта не менее чем в три раза. Как правило, для сильно действующих факторов (удобрения, пестициды, нормы и сроки посева и т. д.) интервалы между вариантами уменьшают, а число вариантов в схеме опыта увеличивают по сравнению со средне и слабо действующими.

Варианты в схеме однофакторного опыта располагают в определенной последовательности. На первом месте обычно ставят контрольный вариант, а последующие варианты располагают в порядке возрастания градаций фактора.

В схеме многофакторного опыта вариантами являются отдельные градации изучаемых факторов, а также все возможные их сочетания. Такой опыт называют полнофакторным экспериментом (ПФЭ), позволяющим установить реакцию растений на градации каждого фактора в отдельности и на их совместное применение в различных сочетаниях.

В полнофакторном эксперименте эффект совместного применения факторов измеряют суммой эффектов от раздельного их применения. При этом выделяют:

– положительное взаимодействие факторов (синергизм), когда эффект от совместного применения факторов существенно превышает сумму эффектов от раздельного их применения;

– отрицательное взаимодействие факторов (антагонизм), когда эффект от взаимодействия факторов существенно меньше суммы эффектов от их раздельного применения;

– нулевое взаимодействие факторов (аддитивизм), когда эффект от совместного применения факторов существенно не отличается от суммы эффектов от их раздельного применения.

Центр и интервал (шаг) между градациями в полном факториальном эксперименте определяется для каждого фактора точно так же, как это делают при разработке схемы однофакторного опыта.

Произведение градаций каждого фактора составляет схему полнофакториального эксперимента. Например, в двухфакторном опыте при изучении трех сортов озимой ржи и пяти норм высева число вариантов в схеме опыта ПФЭ будет равно $3 \cdot 5 = 15$.

В схеме ПФЭ факторы, их градации и сочетания располагают в определенной последовательности. При кодировании заглавными буквами обозначают факторы A, B, C,…Z, а строчными с индексами – их градации и сочетания a_0, a_1, a_2, … a_n; b_0, b_1, b_2, … b_n; a_1b_1, a_1b_2, … a_2b_1, a_2b_2 … a_nb_n.

Схема ПФЭ, представленная в виде таблицы последовательного расположения закодированных факторов, их градаций и сочетаний, называется матрицей планирования (табл. 1).

Таблица 1. **Матрица ПФЭ 3×5 двухфакторного опыта**

Номер варианта	Фактор и его градации		Обозначение	Код
	A	B		
1	0	0	a_0b_0	00
2	0	1	a_0b_1	01
3	0	2	a_0b_2	02
4	0	3	a_0b_3	03
5	0	4	a_0b_4	04
6	1	0	a_1b_0	10
7	1	1	a_1b_1	11
8	1	2	a_1b_2	12
9	1	3	a_1b_3	13
10	1	4	a_1b_4	14
11	2	0	a_2b_0	20
12	2	1	a_2b_1	21
13	2	2	a_2b_2	22
14	2	3	a_2b_3	23
15	2	4	a_2b_4	24

Среди элементов методики повторность опыта оказывает наибольшее влияние на его точность. Различают повторность пространственную и временную. Повторностью опыта на территории называют число одноименных делянок каждого варианта, а повторностью опыта во времени – число лет проведения опыта по одинаковой схеме.

Повторность опыта на территории зависит от изменчивости почвенного плодородия и планируемой ошибки опыта.

С увеличением повторности до 4–6 ошибка опыта снижается более чем в два раза. Дальнейшее увеличение повторности не дает существенного снижения ошибки. Временную повторность применяют для установления эффективности изучаемых приемов в разные по метеорологическим условиям годы и при изучении медленно протекающих процессов под влиянием агротехнических приемов. Повторность краткосрочных опытов планируют не менее трех лет, а многолетних – до десяти лет и более.

Полевые опыты на земельном участке размещают двумя методами: организованных и неорганизованных повторений. Суть метода организованных повторений заключается в том, что площадь опытного участка разделяют на части, на каждой из которых размещают повторение.

Таким образом, организованное повторение – это часть площади опытного участка, включающая все варианты схемы опыта. Организованные повторения размещают сплошным и разбросным способами. При сплошном размещении все повторения территориально объединены; при разбросном – их размещают в разных местах поля, а опытный участок не имеет одной общей границы.

Разбросное размещение повторений применяют:

– когда земельный участок по своему рельефу не позволяет разместить все повторения в одном месте;

– при изучении процессов эрозии.

Чаще всего применяют сплошное размещение повторений в один или несколько ярусов.

Метод неорганизованных повторений закладывают на хорошо выравненных по плодородию участках, где варианты размещают случайно без территориального объединения в повторения. При таком размещении вариантов есть повторность, но нет повторений. Этот метод применяется редко.

Варианты схемы полевого опыта размещают на делянках определенного размера и формы. Различают общую и учетную площади делянки. Общая площадь делянки помимо учетной включает еще площадь, занимаемую боковыми и концевыми защитными полосами.

Размер учетной площади делянки зависит от вида сельскохозяйственной культуры, целей и задач опыта, используемой агротехники и применяемых сельхозмашин и орудий. Необходимо подбирать такой размер опытной делянки, который позволяет максимально механизировать все работы в опыте. Исходя из этого наиболее часто используют делянки площадью от 50 до 200 м^2. Делянки меньше 10 м^2 применяют в селекционных опытах, когда их невозможно увеличить из-за ограниченного количества посевного материала.

При постановке полевого опыта в условиях производства размер делянок чаще всего составляет 200–1000 м^2 и более. При использовании широкозахватных машин размер делянок составляет 1–3 га.

В опытах применяют боковые и концевые защитные полосы. Боковые защитные полосы выделяют с двух сторон каждой делянки для исключения влияния соседних вариантов. В опытах с удобрениями, способами обработки почвы, предшественниками ширину боковой полосы устанавливают от 1,0 до 1,5 м, а общая ширина защитной полосы между соседними делянками составляет 2–3 м. В опытах с пестицидами и орошением ширина боковых полос устанавливается не менее трех метров. В опытах по сортоиспытанию между делянками (сортами) оставляют незасеянные полосы шириной 30–50 см.

Концевые защитные полосы шириной не менее 2 м выделяют для предохранения учетной части делянки от повреждений. Кроме того, для разворота машин и орудий с обоих концов делянок выделяют защитные полосы шириной не менее 5 м для малогабаритных машин и не менее 15 м – для серийных машин, применяемых в производстве.

На снижение ошибки опыта оказывает влияние, как ориентированы делянки на земельном участке. Если участок не имеет уклона и выравнен по плодородию, то ориентация делянок не оказывает существенного влияния на ошибку опыта. В этом случае делянки ориентируют, исходя из технических удобств проведения полевого опыта.

На земельном участке, не выравненном по плодородию, делянки ориентируют длинными сторонами в том направлении, в котором больше всего изменяется плодородие почвы.

На земельном участке с односторонним уклоном делянки следует располагать длинными сторонами вдоль склона.

При закладке полевого опыта на полях, примыкающих к лесополосам или лесным массивам, делянки располагают длинными сторонами перпендикулярно к лесной полосе или лесному массиву.

В опытах применяют квадратные, прямоугольные и удлиненные формы делянок.

При планировании чаще всего отдают предпочтение делянкам прямоугольной формы:

– в опытах с большим размером делянок – до 2000 м^2;

– при размещении делянок на склоне;

– на не выравненном по плодородию участке.

В опытах, где заметно проявляется боковое влияние смежных вариантов (например, опыты с инсектицидами, орошением), применяют делянки квадратной формы.

Удлиненную форму делянки применяют на длинных склонах, чтобы охватить всю пестроту почвенного участка.

При планировании ширину делянок устанавливают кратной ширине рабочих захватов сельскохозяйственных машин.

Форму делянок согласуют с методом размещения повторений и вариантов в повторениях так, чтобы в целом опытный участок был квадратным или близким к этому.

При размещении вариантов в пределах повторения пользуются различными методами, среди которых основными являются стандартные, систематические и рендомизированные (случайные).

Стандартные методы менее употребимы, так как они характеризуются большой громоздкостью и нерациональным использованием земельной площади. В данном методе практикуется более частое, обычно через 1–2 опытных варианта, расположение стандарта (рис. 2).

I								II								
st	1	st	2	st	3	st	4	st	1	st	2	st	3	st	4	st

а) ямб-стандарт

I						II						
st	1	2	st	3	4	st	1	2	st	3	4	st

б) дактиль-стандарт

Рис. 2. Расположение схемы опыта из 5 вариантов стандартными методами в один ярус в двукратной повторности

Систематическое размещение предусматривает порядок следования вариантов в каждом повторении в определенной последовательности, которая заранее установлена исследователем.

Наиболее простым является последовательное расположение в один ярус (рис. 3).

I						II						III					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6

а) одноярусное

I						II					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3
III						IV					

б) двухъярусное со смещением

I						II					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
6	5	4	3	2	1	6	5	4	3	2	1
III						IV					

в) двухъярусное в разбежку

I	1	2	3	4	5	6
II	2	3	4	5	6	1
III	3	4	5	6	1	2
IV	4	5	6	1	2	3
V	5	6	1	2	3	4
VI	6	1	2	3	4	5

г) многоярусное со смещением

Рис. 3. Способы размещения вариантов систематическим методом

При ярусном размещении порядок следования вариантов в повторениях второго и последующих ярусов сдвигается, что позволяет полнее охватывать каждым вариантом пестроту плодородия участка и снизить влияние систематического варьирования почвенного плодородия на эффект варианта. Чтобы определить смещение, на какое число делянок необходимо сдвинуть размещение вариантов в последующих ярусах, число вариантов опыта делят на число ярусов:

$$C = \frac{B}{Я},$$

где C – число вариантов, на которое необходимо произвести смещение в последующих ярусах;

B – число вариантов в схеме опыта;

$Я$ – число ярусов.

Важным достоинством систематического метода является его простота, а основной недостаток – появление систематических ошибок, что довольно часто приводит к непредвиденным искажениям эффектов по вариантам. Кроме этого наблюдается ненадежность статистической оценки ошибки опыта.

В настоящее время наиболее распространенными являются рендомизированные (случайные) методы размещения, которые соответствуют теоретической основе статистических методов оценки результатов исследований и обеспечивают высокую объективность и надежность научной информации.

К случайным методам размещения вариантов относятся: рендомизированные повторения, латинский квадрат и прямоугольник, метод расщепленных делянок (рис. 4–6).

I						II						III					
3	1	4	5	2	6	4	1	6	3	5	2	2	4	6	5	3	1

Рис. 4. Размещение вариантов в трех рендомизированных повторениях

Суть метода рендомизированных повторений заключается в том, что в каждом повторении варианты по делянкам распределяют по жребию или по таблице случайных чисел.

Данный метод применяют:

– на земельных участках, ровных по рельефу и не имеющих четко выраженного плодородия;

– на участках с односторонним пологим уклоном и закономерным изменением плодородия в одном направлении;

– при разбросном размещении повторений.

Метод латинского квадрата заключается в том, что делянки квадратной и прямоугольной формы на земельном участке размещают рядами и столбцами. Число рядов и столбцов обязательно равно числу вариантов в схеме опыта. В каждом ряду варианты размещают случайно. Одноименные варианты ни в рядах, ни в столбцах не допускаются (рис. 5).

Ряды	Столбцы					
	I	II	III	IV	V	VI
I	2	6	4	1	5	3
II	4	1	3	5	6	2
III	5	2	6	3	4	1
IV	3	5	2	4	1	6
V	6	4	1	2	3	5
VI	1	3	5	6	2	4

Рис. 5. Схематический план размещения полевого опыта методом латинского квадрата

В результате любой ряд и столбец латинского квадрата представляют собой организованное повторение с полным набором всех вариантов. В результате такого размещения варианты схемы опыта равномерно, в двух взаимно перпендикулярных направлениях, охватывают пестроту почвенного плодородия земельного участка.

Исходя из определения латинского квадрата увеличение числа вариантов в схеме опыта ведет к громоздкости из-за введения необоснованно большой повторности. Следовательно, метод латинского квадрата следует применять для схем от 4 до 7 вариантов на участках с закономерным изменением почвенного плодородия в двух направлениях, перпендикулярных друг другу.

Метод латинского прямоугольника устраняет недостатки латинского квадрата и применяется для размещения полевых опытов с числом вариантов более 7 на участках с закономерным изменением почвенного плодородия в двух перпендикулярных или близких к этому направлениях.

Для размещения полевого опыта методом латинского прямоугольника число вариантов должно быть кратным повторности. Если число вариантов в схеме не является кратным повторности, то его доводят до кратного путем введения дополнительных вариантов.

Размещение полевого опыта методом латинского прямоугольника начинают с выделения на земельном участке латинского квадрата с числом рядов и столбцов, равным повторности. После этого каждый столбец латинского квадрата разделяют на равные части, число которых равно частному от деления числа вариантов на повторность (рис. 6).

Ряды	Столбцы											
	I			II			III			IV		
I	5	2	1	12	6	10	7	3	4	9	8	11
II	8	12	6	4	9	3	11	1	5	7	10	2
III	7	3	10	11	5	8	6	9	2	12	4	1
IV	9	4	11	2	1	7	12	8	10	5	6	3

Рис. 6. План размещения опыта с 12 вариантами методом латинского прямоугольника

Любая схема опыта должна сопровождаться хорошо продуманной программой, которая должна включать в себя перечень агротехнических мероприятий и всех сопутствующих исследований в опыте с указанием сроков их проведения, используемых методик, учетов и наблюдений и их объема.

В программе исследований отмечаются мероприятия по подготовке участка под опыт.

Участок, отводимый под полевой опыт, должен соответствовать основному требованию – типичности по почвенно-климатическим условиям и однородности по плодородию, а также размещению делянок такой площади и формы, которые могли бы позволить проводить все агротехнические мероприятия с помощью механизации при минимальных затратах ручного труда.

Первоначальным этапом при выборе участка является проведение почвенного обследования с целью определения границ естественного и искусственного плодородия почвы. По рельефу участок должен быть выровненным, чтобы варианты опыта находились в одинаковых условиях освещенности, плодородия почвы и влагообеспеченности.

Если ровный участок невозможно выбрать, то используют участки с равномерным уклоном не более 2,5 м на 100 метров погонных.

На результаты полевого опыта могут оказывать влияние водоемы, овраги, сельскохозяйственные постройки, дороги, автомагистрали. Поэтому опыты нужно размещать на расстоянии 200–300 м от указанных объектов, а между ними должна предусматриваться защитная полоса. Опытный участок должен быть расположен на расстоянии 40–50 м от одиноко стоящих деревьев. Если это невозможно сделать, то площадь вокруг них должна быть исключена из опыта.

Границы опытного участка должны быть не ближе 50–70 м от леса, а от лесополос – не ближе 1,5–2-кратной их высоты.

От сплошных изгородей участок располагают на расстоянии не менее 15–20 м, чтобы не нарушать воздухообмен и не затенять опытные растения. От грунтовых дорог опытный участок также должен находиться на таком расстоянии, чтобы пыль не попадала на опытные делянки.

Нецелесообразно выбирать опытные участки, прилегающие к населенным пунктам, где есть вероятность потрав домашним скотом, а также хищений. Поэтому опытные участки необходимо огородить металлической сеткой или увеличить защитные полосы.

Отмечаются в программе исследований и условия проведения опыта, проводится агрохимическое обследование почвы по следующим основным показателям:

– тип почвы;

– глубина пахотного слоя;

– кислотность почвы;

– содержание подвижных форм K_2O и P_2O_5 мг на 1 кг почвы;

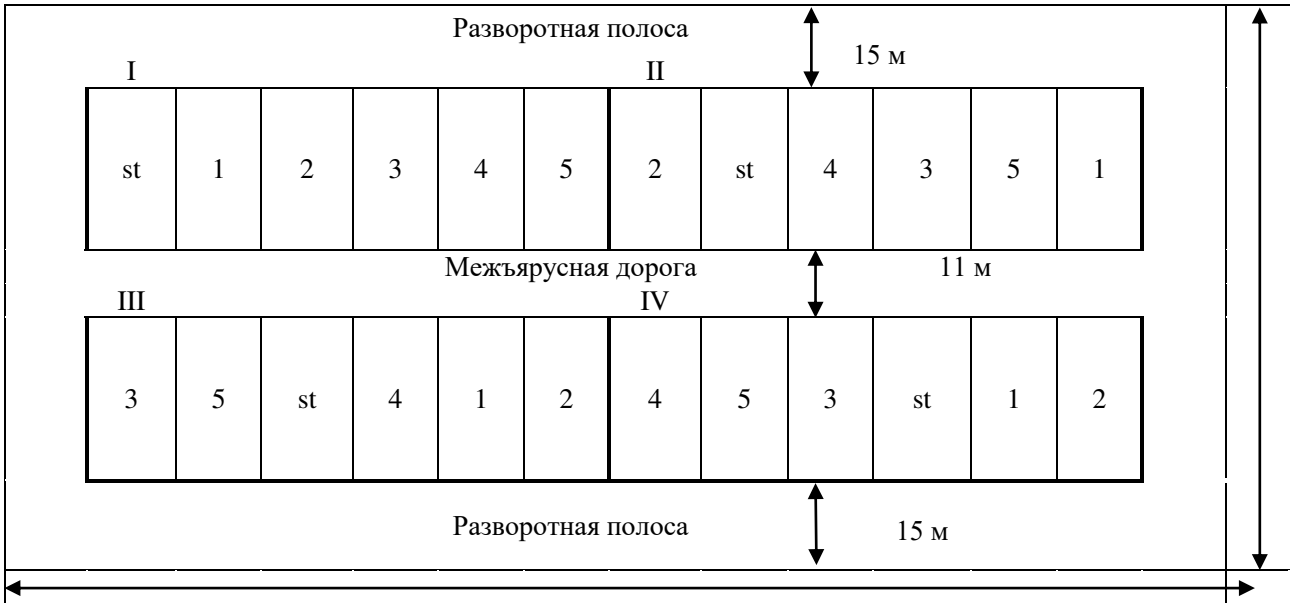
– содержание гумуса;

– другие показатели, если это нужно по теме исследований.

Планируются наблюдения и учеты за растениями и окружающей средой.

Перед выбором участка для опыта рассчитывают, какая требуется учетная площадь. Затем, как правило, данную площадь удваивают на защитки и дороги и выбирают соответствующий участок. Затем проводят почвенно-биологическое обследование, изучают историю поля, его растительный покров, рельеф и микрорельеф, при необходимости проводят уравнительные и рекогносцировочные посевы. Участок подбирают типичный для данной местности и по типу почвы, уровню залегания грунтовых вод. Соблюдают в опыте обязательно производственную типичность, ориентируясь на лучшие хозяйства с передовой агротехникой и энерговооруженностью.

После составления схемы опыта, разработки программы, выбора и подготовки участка приступают к построению схематического плана. Схематический план показывает, в каком направлении, сколько и как будут распределены варианты и повторения опыта на выбранной под опыт площади (рис. 7).



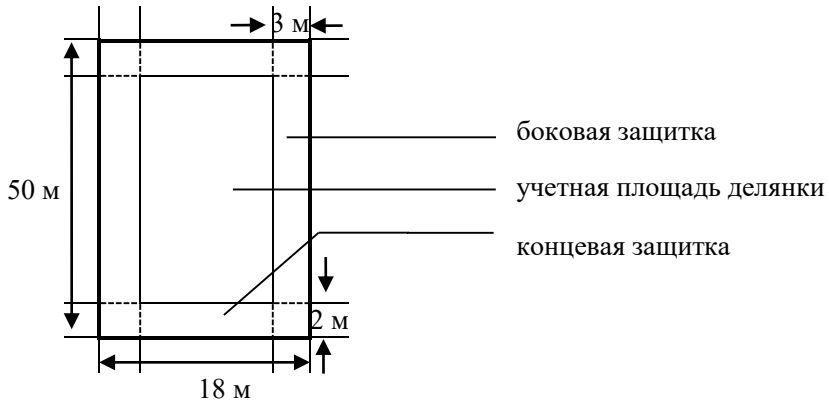


Рис. 7. Схематический план опыта

Границы схематического плана должны вписываться в границы той территории, которая детально изучена и имеет выравненное плодородие. На схематическом плане должны быть указаны все размеры делянок и участка под опыт, а также фиксация границ участка до постоянных реперов или других сооружений.

Составляя программу, необходимо учитывать возможности как самого экспериментатора, так и его помощников, оснащенность опытного учреждения техникой, измерительными приборами и оборудованием. Поэтому важным требованием при разработке программы исследований является определение оптимального объема работ, рассчитанного на получение необходимой, достоверной и достаточно надежной информации.

Для этих целей составляют календарный план выполнения работ, где указываются все проводимые мероприятия и сроки их проведения.

Чтобы получить надежные данные при разработке программы полевых и лабораторных наблюдений, исследователь должен решить следующие вопросы:

– какие наблюдения, анализы и учеты включить в программу;

– в какие сроки и с какой частотой проводить наблюдения и учеты;

– определить оптимальный объем выборок (проб);

– установить способ и место взятия проб;

– обеспечить представительность (репрезентативность) отбираемых выборок (проб).

Все наблюдения и учеты, проводимые в полевых опытах, направлены на изучение процессов, протекающих в опыте. Однако полнота наблюдений должна измеряться не их количеством, а умением исследователя выбрать самые существенные и необходимые, которые помогут решить поставленные задачи.

Под наблюдением понимают количественную или качественную регистрацию интересующих исследователя сторон развития явления или его состояние, признака или свойства объекта изучения.

К научным наблюдениям и учетам предъявляются следующие требования:

– должны быть целенаправленными, т. е. соответствовать теме, целям и задачам, поставленным перед конкретным исследованием по установлению причин полученных результатов;

– выполнены в оптимальные сроки (по календарным числам или фазам развития растений);

– научное наблюдение должно быть полным;

– должны быть зафиксированы в журнале;

– не делать преждевременных выводов и суждений.

Все наблюдения в опытах можно условно разделить на две группы:

– наблюдения за растениями;

– наблюдения за внешней средой (рис. 8).

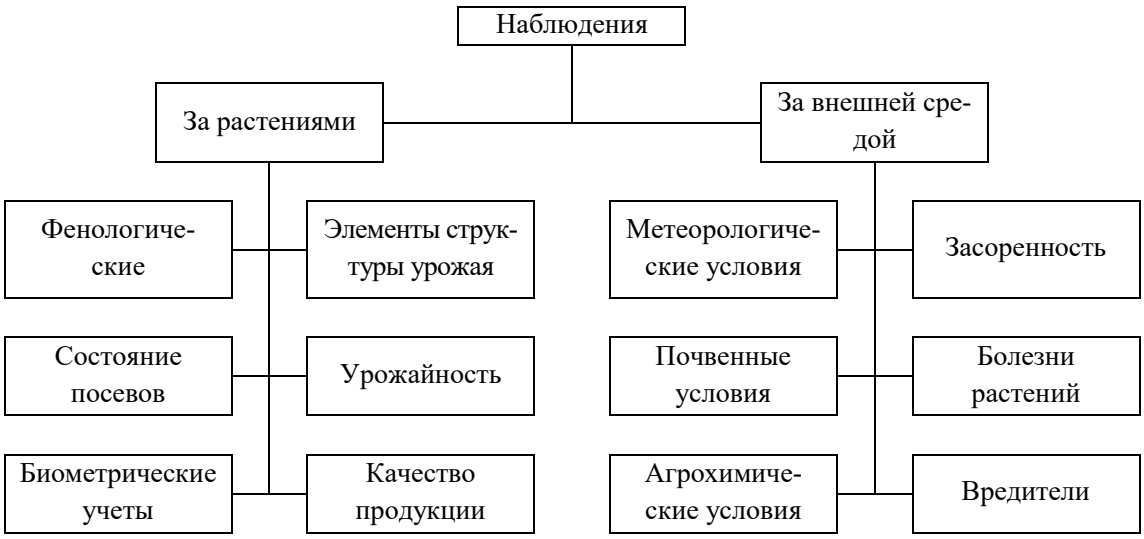


Рис. 8. Классификация наблюдений в опыте

На рост и развитие растений оказывают влияние следующие факторы внешней среды, за которыми ведут наблюдения:

– метеорологические наблюдения;

– агрофизические показатели почвы;

– агрохимические показатели плодородия почвы;

– засоренность почвы и посевов сорной растительностью;

– фитопатологическая и энтомологическая обстановка в опыте.

При наблюдении за растениями чаще всего учитывают:

– фенологические наблюдения (длина фенологических фаз, длина вегетационного периода);

– биометрические показатели (высота растений, динамика роста и т. д.);

– состояние посевов (полевая всхожесть и полнота всходов, сохраняемость, выживаемость, полегаемость);

– урожайность, элементы структуры урожайности, показатели качества растениеводческой продукции.

Какие наблюдения, учеты и анализы следует проводить в конкретном опыте, исследователь определяет исходя из темы и поставленных задач. В итоге он должен объяснить, почему в опыте получены такие результаты.

Сроки и частота проведения наблюдений, учетов и анализов определяются целью исследования и техническими возможностями.

Например, при изучении динамики роста растений целесообразно устанавливать определенный календарный интервал от одного наблюдения до следующего, не приурочивая их к фазам развития растений. Интервал между данными наблюдениями должен быть оптимальным, позволяющим получить кривую отклика и составлять не менее 5–6 учетов.

При изучении сортов и гибридов обязательно проводят фенологические наблюдения, устанавливают длину вегетационного периода и длину межфазных периодов. Эти данные часто используют при подборе пар для скрещиваний для получения скороспелых форм.

При изучении агрохимической характеристики почвы целесообразно пробы почвы отбирать перед закладкой опыта и после уборки урожая.

Объем выборки или отдельной пробы должен быть достаточным, чтобы судить в целом об изучаемом показателе. Поэтому выборка должна быть представительной (репрезентативной) и пробы отбирают систематическим либо случайным способом. Отборы проб осуществляют или на всех делянках опыта, или в несмежных повторениях, если планируется статистическая обработка данных. Чем больше площадь делянки, тем больше точечных проб (площадок) планируют.

Например, Б. А. Доспехов предлагает отбирать 8–12 проб с делянок размером 100–200 $м^2$, а делянки площадью до 100 $м^2$ сократить до 6–8, а с площадью более 200 $м^2$ увеличить до 15–20.

В опытах, где объектом исследований являются растения, в обязательном порядке проводят метеорологические наблюдения за элементами погоды, особенно за теми явлениями погоды, которые могут серьезно повлиять на условия роста и развития возделываемой культуры (сильные морозы, заморозки, продолжительные засухи, ураганные ветры, ливни, град).

Сравнивая данные метеорологических наблюдений в годы проведения опыта с многолетними данными, экспериментатор может сделать вывод о типичности погодных условий года и установить влияние метеорологических условий на величину урожая и структуру урожайности.

Наиболее часто наблюдают за такими метеорологическими факторами, как количество осадков, температура и относительная влажность воздуха. В некоторых опытах исследователь дополнительно должен учитывать температуру почвы, наличие запасов влаги в почве, скорость и направление ветра, фотосинтетическую активную радиацию (ФАР).

Метеорологическая станция или метеопост должны находиться от места проведения агрономических исследований не дальше 5–6 км. В противном случае организовывают метеонаблюдения непосредственно в полевых условиях. Площадка для метеонаблюдений подбирается типичной для данного района, которую обслуживает метеостанция.

Чаще всего учитывают количество осадков и их интенсивность. Количество осадков – это толщина слоя воды в миллиметрах (с точностью до 0,1 мм), а в агрономической практике количество осадков часто выражают в кубических метрах на гектар. Это слой воды толщиной 1 мм на площади 1 га, что соответствует 10 $м^3$.

Чаще всего количество осадков приводят подекадно, количество осадков в виде снега или града также показывают в миллиметрах после таяния в теплом помещении.

Интенсивность осадков выражается их количеством за 1 мин (мм/мин).

Для определения интенсивности осадков наряду с их количеством фиксируют начало и конец их выпадения.

В опытах с озимыми культурами для исследователя часто важно иметь сведения о высоте снежного покрова. Как правило, снежный покров формируется на территории неравномерно, поэтому его высоту необходимо измерять мерной рейкой в нескольких местах для нахождения среднего значения.

Для определения плотности снега, от которой зависит его изоляционная способность как теплопроводника и количество воды в нем, используют снегомеры, представляющие собой металлический цилиндр.

Плотность снега определяют делением массы снега на его объем и выражают в граммах на кубический сантиметр.

При анализе температуры воздуха часто пользуются показателями среднесуточной температуры, а также суммой температур за декаду, за месяц, вегетационный период, определяют сумму активных температур.

Влажность воздуха чаще всего определяют психрометрическим методом, который основан на зависимости интенсивности испарения с водной поверхности от влажности окружающего воздуха. При этом влажность воздуха определяют по разнице показателей двух одинаковых психрометрических термометров – сухого и смоченного.

Температуру почвы определяют при помощи срочных, максимальных и минимальных термометров с ценой деления 0,5 °С.

Срочный термометр используют для определения температуры во время наблюдения, максимальной и минимальной – для фиксации самой высокой и самой низкой температуры за какой-либо период наблюдений.

При необходимости изучают глубину промерзания почвы, для чего используют мерзлотомер, кроме этого отмечают даты первых осенних и последних весенних заморозков, выпадения ливневых дождей, фиксируют град, ураганный ветер, продолжительную воздушную засуху и другие аномалии погоды.

При изучении физических свойств почвы наиболее изучаемыми показателями являются влагообеспеченность, объемная масса (плотность), строение пахотного слоя, агрегатный (структурный) анализ почвы, водопроницаемость.

Определение агроклиматических показателей почвенной среды проводят по почвенному образцу, который должен быть репрезентативным (достоверным), ведь по его анализу судят о всем опытном участке, с которого он был отобран.

Для этих целей на каждой делянке полевого опыта отбирают один объединенный образец, который готовят из 8–10 индивидуальных проб, взятых по диагонали делянки бурами различной конструкции из всего корнеобитаемого слоя. Определяют реакцию почвенной среды, гидролитическую кислотность, степень насыщенности почвы основаниями подвижных форм фосфора и калия, содержание гумуса и т. д.

Для разработки системы мер борьбы с сорной растительностью на опытном участке необходимо иметь данные о засоренности посевов в предыдущие годы и наличии в почве семян и вегетативных органов размножения сорняков.

В исследовательской работе используют три основных метода учета засоренности посевов: глазомерный, количественный и количественно-весовой.

При маршрутном обследовании полей оценивают состояние засоренности посевов глазомерно по четырехбалльной шкале:

1 – встречаются лишь единичные сорняки;

2 – сорняков мало, но они уже не единичные;

3 – сорняков много, но меньше, чем культурных растений;

4 – сорняков значительно больше, чем культурных растений.

Одновременно учитывают биологические группы наиболее часто встречаемых сорняков. Оценку засоренности проводят несколько раз: в начале, середине и конце вегетации. По результатам оценки выводят средний балл засоренности. Глазомерный метод оценки чаще всего используют для составления карты засоренности полей в хозяйстве, по которой можно судить об общей окультуренности полей.

Количественный метод позволяет получить сведения не только о видовом составе сорняков, но и об их количестве на единице площади (шт./м^2). Для этого по диагонали делянки или поля через равномерные промежутки на поверхность почвы накладывают рамки площадью 0,25 м^2 (0,5×0,5 м) из расчета на делянках до 300 м^2 – в пяти местах, в производственных условиях на полях до 100 га – в 10 местах, а на полях площадью более 100 га – в 20 местах.

В пределах каждой рамки подсчитывают общее число сорняков, выделяя малолетние и многолетние, а среди этих групп делят их на одно- и двудольные сорняки.

Чтобы установить число сорняков на 1 м^2 при использовании рамки площадью 0,25 м^2, число сорняков в пробе умножают на переводной коэффициент, равный 4 (1 м^2 : 0,25 м^2), и засоренность посевов оценивают по 3-балльной шкале (табл. 2).

Таблица 2. **Шкала засоренности посевов**

Число сорняков на 1 м^2		Балл засоренности	Степень засоренности
малолетних	многолетних		
< 10	<1	1	Слабая
10–50	1–5	2	Средняя
>50	>5	3	Сильная

Применение количественно-весового метода предусматривает учет не только их числа, но и их массы. Масса сорняков определяется без корней, сырыми или после сушки до воздушно-сухого состояния. Массу сорняков выражают в граммах на 1 м^2 или в тоннах на 1 га. По этому показателю более обоснованно можно судить о том вреде, который сорняки причиняют культурным растениям.

Засоренность почвы семенами сорных растений определяют после проведения основной обработки почвы. Для анализа отбирают почвенные пробы буром или лопатой на глубину до 10 см по диагонали опытного участка или делянки через равные промежутки. На делянках отбирают 5 проб, в производственных условиях до 100 га – 10 проб, более 100 га – 20 проб. Чаще определяют содержание сорняков в почве путем промывания среднего образца почвы водой на ситах. При установлении показателя засоренности почвы семенами сорняков еще нельзя судить о реальной их угрозе, поскольку не все семена сорных растений жизнеспособны, поэтому их нужно проверить на жизнеспособность, проращивая в чашках Петри на увлажненной фильтровальной бумаге. Последние показания снимают в конце 20-дневного проращивания.

Засоренность почвы органами вегетативного размножения сорняков учитывают после их раскопки с определенной площади и глубины. Для этого используют рамки размером 0,5×0,5 м, а глубина раскопок – 30 см. В этом слое размещается основная масса органов вегетативного размножения большинства сорняков.

По диагонали делянки через равномерные промежутки накладывают рамки в 4–5-кратной повторности, в условиях производства – в 10–20-кратной. Результаты учета переводят на площадь, равную 1 м^2 или 1 га.

Фитопатологические наблюдения. Учет пораженных болезнями растений – более сложная работа, так как экспериментатор должен хорошо знать болезни растений, их биологию и диагностику определения, методы учета и др. Степень поражения растений зависит от многих причин: не проведено протравливание семян, нарушены сроки посева, не выдержана густота

посева, нарушено оптимальное соотношение между элементами питания, благоприятные погодные условия для распространения болезней и др.

Следует учитывать наиболее вредоносные болезни по культурам, а наблюдения и учеты проводить, учитывая биологию развития болезней на сельскохозяйственных культурах.

Распространенность болезней учитывают по двум показателям: проценту пораженных растений, колосьев, метелок, початков; проценту площади, занятой пораженными растениями.

Процент пораженных растений и их частей устанавливают при:

– удалении с делянки пораженных растений;

– определении процента поврежденных растений в сноповом образце;

– определении больных растений на корню в пробах, взятых с определенной площади;

– определении больных растений на корню в пунктах осмотра проб при маршрутном обследовании.

Процент площади, занятой пораженными растениями, часто определяют глазомерно, а степень поврежденных посевов оценивают по пятибалльной шкале:

0 баллов – отсутствует поражение растений;

1 балл – поражены единичные растения до 10 %;

2 балла – поражено 10–25 % растений;

3 балла – поражено 25–50 % растений;

4 балла – поражено более 50 % растений.

При слабом развитии какой-либо болезни на растениях детальный учет на опытных делянках не проводят, а ограничиваются отметкой в журнале полевого опыта.

Вредители причиняют значительный вред растениям и повреждают как надземные органы (стебель, листья, плоды), так и корневую систему. Оценку повреждений вредителями проводят по анализу проб растений.

Фенологические наблюдения проводят с целью установления различий в росте и развитии растений в период вегетации по отдельным вариантам опыта. Фенологические наблюдения помогают объяснить причины положительного или отрицательного действия изучаемого фактора на урожайность культур.

За начало фазы принимают первый день, в который она зарегистрирована не менее чем у 10 % растений, а за массовое наступление – день, в который фаза отмечена не менее чем у 75 % растений.

Фенофазы должен определять визуально одновременно на всем опыте один и тот же исследователь.

Данные фенологических наблюдений используют для расчета длительности межфазных периодов и вегетационного периода в целом.

Согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур принято определять следующие фазы.

У зерновых культур определяют следующие фазы: всходы, начало кущения, выход в трубку, колошение или выбрасывание метелки, начальное и полное цветение, молочная (кроме проса), восковая и полная спелость (хозяйственная). У озимых зерновых культур дополнительно отмечают даты прекращения осенней вегетации и возобновление ее весной (дата перехода среднесуточной температуры через +5 °С). Для определения длительности периода посев – всходы обязательно фиксируют даты посева всех культур.

Колошение пшеницы, ржи, тритикале и ячменя приходится на время, когда из влагалища верхнего листа вышло около половины колоса. Признак выбрасывания метелки проса и овса – выход верхушки метелки из влагалища верхнего листа.

Фаза цветения ржи отмечается тогда, когда на большинстве колосьев снаружи появились пыльники.

Молочная спелость отмечается тогда, когда зерно в средней части колоса (у овса в верхней части метелки) достигает своих размеров, но имеет зеленую окраску. При нажиме на зерновку пальцем она лопается и из нее вытекает полужидкая масса молочного (пшеница, тритикале, овес) или желтоватого цвета (рожь, ячмень). Растения в этот период зеленые за исключением самых нижних листьев, которые желтеют.

При восковой (хозяйственной) спелости зерно желтого цвета твердое, но при нажатии ногтем легко режется, а при изгибе зерновка ячменя и овса лопается. Все листья и стебель растения в это время желтые.

При полной спелости зерновка становится твердой, при нажиме ножом она раскалывается, зерно легко вымолачивается.

У гречихи отмечают следующие фазы развития: всходы (начальные и полные), цветение (начальное и полное), побурение первых плодов и хозяйственная, или уборочная, спелость;

у льна – всходы, начало роста стебля, образование соцветий, цветение, конец цветения, зеленая и полная спелость семян;

у картофеля – всходы, образование соцветий, конец цветения, увядание ботвы;

у сахарной свеклы и других корнеплодов – всходы, первая пара настоящих листьев, третий настоящий лист, начало утолщения подсемядольного колена, увядание наружных листьев;

у гороха, фасоли, бобов, вики – всходы, начало образования боковых побегов, образование соцветий, цветение, созревание;

у люпина – всходы, розетка, начало быстрого роста стебля, бутонизация, цветение, образование бобов, созревание;

у бобовых трав – всходы, образование боковых побегов, соцветий, цветение, хозяйственная спелость, отмирание (конец вегетации). Отмечают также возобновление вегетации весной;

у злаковых трав – всходы, образование боковых побегов, соцветий, цветение, хозяйственная спелость, отмирание (конец вегетации), начало отрастания весной при повторном использовании трав.

У кукурузы отмечают следующие фазы: появление всходов и полные всходы, образование листьев, выметывание метелок, цветение метелок и початка, молочная, восковая и полная спелость зерна.

Выметывание метелки – появление верхней части метелки из влагалища последнего листа.

Цветение метелки отмечают по появлению пыльников на главной ветке метелки.

Начало цветения початков согласуется с появлением нитевидных столбиков, несущих рыльца.

Фаза молочной спелости характеризуется полностью сформировавшимся зерном, которое имеет белый цвет, легко раздавливается и из него вытекает белая жидкость, похожая на молоко. В это время наблюдается побурение нитевидных столбиков с сохранением зеленой окраски у обертки початка.

При молочно-восковой спелости из раздавленного зерна вытекает уже тестообразная масса с некоторым включением твердых крупинок.

В фазе восковой спелости зерно приобретает свойственный цвет для гибрида, имеет плотную консистенцию, но еще режется ногтем. Обертки початка теряют зеленую окраску и

подсыхают. Полную спелость определяют по затвердеванию зерна в нижней части початка и образованию черной точки в месте прикрепления к стержню початка и пожелтению оберток.

Общее состояние посевов оценивают визуально в основные фазы развития в период вегетации растений. Оценку проводят по следующей шкале в баллах:

5 баллов – очень хорошее;

4 балла – хорошее;

3 балла – удовлетворительное;

2 балла – плохое;

1 балл – очень плохое;

0 баллов – полная или почти полная гибель посевов.

Обязательно общее состояние посевов оценивают после различных стихийных явлений – ливней, града, шквалистого ветра, заморозков и др. Данные о состоянии посева могут служить основанием для выбраковки отдельных делянок или части поля в производственных условиях.

Озимые зерновые и многолетние травы в неблагоприятные годы могут сильно изреживаться и погибать в результате вымерзания, выпревания, вымокания и образования ледяной корки.

Морозостойкость озимых определяют после первых сильных морозов, когда возникает угроза вымерзания растений, а также для определения зимостойкости в период перезимовки методом монолитов. Данный метод весьма трудоемок. На защитных полосах делянки с помощью лома, топора и лопаты вырубают почву с растениями в виде монолита длиной 25–30, шириной 30 (чтобы входило 2 смежных рядка) и глубиной 20 см. Выполнять это нужно осторожно, чтобы свести к минимуму травмирование растений. Вырубленный монолит с этикеткой помещают в деревянный ящик соответствующих размеров и доставляют с поля в помещение.

Сначала держат ящики с монолитами при температуре 5–10 ° С для постепенного оттаивания 2–3 дня. Затем переносят в светлое помещение с комнатной температурой 18–22 °С. Через две недели после взятия монолита приступают к анализу состояния растений. Растения осторожно извлекают из почвы, промывают в воде и подсчитывают живые и мертвые растения. Физически травмированные растения в учет не берут. У живых растений наблюдается начало отрастания листьев и появление новых корешков.

Морозостойкость в процентах рассчитывают по формуле

$$M = \frac{a}{б} \cdot 100,$$

где M – морозостойкость растений, %;

a – число живых растений в монолите, шт.;

$б$ – общее число растений в монолите, шт.

Сравнительную оценку морозостойкости различных озимых культур или сортов отдельной озимой культуры лучше определять методом искусственного промораживания в лабораторных условиях.

Для этого заранее ящики размером 40×30×10 см набивают плодородной почвой с нормальным увлажнением, а семена высевают в средине оптимального срока исследуемой культуры. Рядки располагают параллельно короткой стороне ящика. При оценке сортов в один

ящик высевают 5–6 сортов, включая контрольный сорт (стандарт), где каждый сорт занимает один рядок. Закладывают все в четырехкратной повторности, проращивают в два срока по два ящика. Взошедшие растения проходят закаливание в природных условиях осени и начала зимы на специальной площадке. Затем приступают к промораживанию. Промораживание осуществляют к температурам, близким к критическим для данного вида: для пшеницы – 18, 20 и 22°, ржи – 19, 22 и 25°, ячменя – 14, 16 и 18 °С.

Промораживание начинают с температуры, которая до этого была зафиксирована в ящиках на глубине залегания узла кущения. Через каждый час температуру снижают на 2 °С. Когда температура достигает минимума, ее поддерживают в камере целые сутки. После этого температуру в камере повышают на 2 °С каждый час. Когда температура станет выше нуля, ящики переносят в теплое помещение для отрастания растений при температуре 18–20 °С с 16-часовым освещением.

Через сутки растения обрезают на высоте 3–4 см от поверхности почвы и подсчитывают общее число растений каждого образца (сорта). Через 8–10 дней подсчитывают число отросших растений при том или ином режиме промораживания. Этот метод используют для отбора морозостойких растений для селекции.

Суть метода ускоренного способа отрастания заключается в отборе не монолита, а комьев почвы с растениями. Их переносят в теплое помещение и помещают в холодную воду для оттаивания. Затем растения промывают в чистой воде, обрезают на высоте 3–5 мм от основания узла кущения, помещают в чашки Петри, заливают 0,5%-ным раствором тетразола и помещают на 1 ч в термостат с температурой +40 °С или на 4 ч при температуре 18–20 °С. За этот период у живых растений конус нарастания окрашивается в вишнево-красный цвет, у мертвых не окрашивается. Затем определяется процент живых растений в пробе.

Выпревание растений наступает при большом снежном покрове и теплой зиме. Особенно сильно растения гибнут, когда снег ложится на талую, незамерзшую почву. Причиной гибели является усиленное дыхание, расход углеводов и поражение снежной плесенью.

Вымокание посевов происходит от застоя дождевых и талых вод в пониженных местах рельефа. Растения длительное время находятся под водой и не могут дышать.

Кроме того, гибель растений возможна из-за образования ледяной корки, особенно притертой, которая появляется после оттепелей и наступления морозов. Все это нужно учитывать при оценке перезимовки озимых культур и многолетних трав.

Густота посевов у культур сплошного способа посева определяется дважды за вегетационный период: первый – в период полных всходов, второй – перед уборкой урожая.

На делянках с небольшой учетной площадью (до 10 м^2) густоту определяют сплошным способом – учетом растений на всей площади. На больших по размеру делянках применяют выборочный метод учета. Применяют два способа учета: первый – путем наложения квадратной рамки размером 0,5×0,5 м (0,25 м^2), второй – путем подсчета количества растений на двух смежных рядках.

Пробные площадки размещают по диагонали делянки, которые выделяют после появления всходов в 3–4-кратной повторности. Границы их закрепляют колышками или ветками. Квадратные по форме площадки размещают так, чтобы один из рядков был диагональю этой площади (рис. 9).

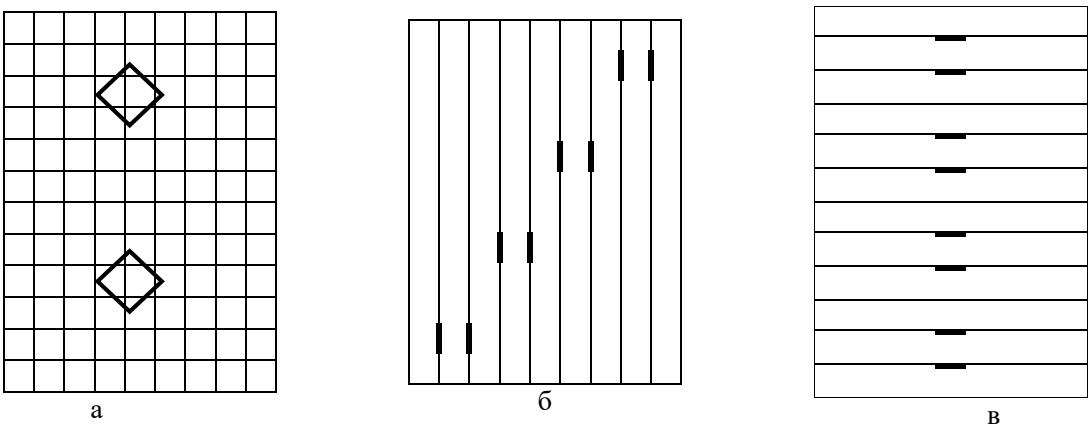


Рис. 9. Схема размещения площадок для наблюдения за растениями: а – квадратные;
б – смежные, рядки расположены параллельно длинной стороне делянки;
в – смежные, рядки расположены перпендикулярно длинной стороне делянки

При учете по двум смежным рядкам длину их определяют исходя из того, что площадка должна быть также 0,25 м^2 (2500 см^2). В этом случае длина рядков зависит от ширины междурядий. Это можно определить по равенству

$$Д = 0{,}25 \text{ м}^2 \div (2 \cdot Ш),$$

где $Д$ – требуемая длина двух рядков, м;

Ш – ширина междурядий, м.

Например, при посеве с шириной междурядий 12,5 см (0,125 м) длина рядка составит:

$$Д = 0{,}25 \text{ м}^2 \div (2 \cdot 0{,}125 \text{ м}) = 1 \text{ м}.$$

Учет растений в фазе полных всходов позволяет определить полевую всхожесть семян.

Полевая всхожесть – это отношение числа взошедших растений (шт./м^2) к количеству высеянных всхожих семян (шт./га, шт./м^2), выраженное в процентах:

$$П_в = \frac{А}{В} \cdot 100,$$

где $П_в$ – полевая всхожесть, %;

А – количество всходов, шт./м^2;

$В$ – количество высеянных всхожих семян, шт./м^2.

Результаты второго подсчета дают возможность рассчитать сохраняемость растений за вегетационный период:

$$С = \frac{Б}{А} \cdot 100,$$

где $С$ – сохраняемость растений, %;

$А$ – количество всходов, шт./м^2;

Б – количество растений перед уборкой, шт./м^2.

Аналогично, зная число растений перед уходом в зиму и число живых растений на этой площадке, весной можно рассчитать зимостойкость озимой культуры.

Таким же образом рассчитывается выживаемость растений, где находится отношение сохранившихся растений перед уборкой к числу всхожих семян.

У пропашных культур в качестве пробной площадки служит отдельный рядок. В зависимости от ширины междурядий и взятой длины рядка можно определить площадь пробной площадки. Зная общее количество растений (кустов) на пробной площадке и ее площадь, легко определяется густота растений.

Так, число растений (кустов) картофеля с шириной междурядий 70 см с длины рядка в 14,3 м указывает на густоту в тысячах штук на гектар.

В научно-исследовательских учреждениях при изучении структуры урожайности часто учитывают высоту растений, которая является особенно важным показателем у прядильных (лен) или кормовых культур. Как правило, высоту измеряют в определенные фазы развития растений. Пользуются мерной линейкой, объем выборки составляет в сумме 50–100 растений с нескольких площадок, и на основании этих измерений рассчитывается средняя высота растений на делянке. При изучении динамики роста выделяют растения, входящие в выборку, их нумеруют и на них через определенные промежутки (3–7 дней) замеряют высоту. Таким образом, можно определить среднесуточные приросты, что важно при изучении развития кормовых культур, трав и динамики их отрастания после скашивания.

При изучении динамики роста на этих же растениях одновременно определяют показатель облиственности растений, для чего учитывают число листьев и их площадь. Листья подсчитывают на всех растениях, входящих в выборку, и выводят среднеарифметический показатель.

При изучении продуктивности фотосинтеза необходимо знать площадь листового аппарата, которую можно определить несколькими способами. Наиболее широко распространен способ высечек. В пробу берут 10–20 типичных растений с пробных площадок. Листья с них обрывают и взвешивают. Затем при помощи ручного сверла в виде металлической трубки определенного размера с заостренными краями берут из оборванных листьев 20–50 высечек общей площадью не менее 10–20 см^2. После взвешивания высечек общую площадь оборванных листьев в пробе (см^2) рассчитывают по формуле

$$П = \frac{К}{М_1} \cdot М \cdot П_1,$$

где *П* – площадь листьев, см^2;

М – масса листьев в пробе, г;

$П_1$– площадь одной высечки, см^2;

К – число высечек;

$М_1$– масса высечек, г.

Разделив общую площадь листьев в пробе на число выборочных растений, определяют площадь листьев на одном растении, а умножив последний показатель на густоту растений на 1 га, рассчитывают площадь листового аппарата (м^2/га).

Интенсивность нарастания растительной массы определяют путем взвешивания пробных растений в разные фазы вегетации культуры или календарные сроки. Нарастание массы

за определенный период определяют по разнице массы пробных растений последнего и предыдущего сроков отбора.

Для определения суточного прироста массы одного растения суммарный прирост пробных растений необходимо разделить на число растений в пробе и на длительность периода в днях.

Одновременно после каждого взвешивания сырой пробы из нее отбирают средний образец массой около 100 г для определения процентного содержания сухого вещества. Растительную массу измельчают и помещают в алюминиевые бюксы, которые взвешивают и ставят в сушильный шкаф. Сушат их при температуре не выше 105 °С до тех пор, пока масса станет постоянной. После взвешивания бюксов с растительным образцом и отдельного взвешивания тары рассчитывают массу сырого и сухого растительного материала в пробе.

Содержание сухого вещества в растительной массе определяют по формуле

$$C_в = \frac{M_2}{M_1} \cdot 100,$$

где $C_в$ – содержание сухого вещества в растительной массе, %;

M_2 – масса сухого вещества, г;

M_1 – масса сырого вещества, г.

Уборка и учет урожайности – самая ответственная операция при проведении полевых опытов. Здесь требуется большое внимание, аккуратность, ответственность и точность, так как малейшая погрешность и неточность в учете урожайности на делянке, особенно с небольшой учетной площадью, могут привести к грубым ошибкам, которые невозможно исправить даже при наличии самых современных статистических анализов. Учитываемая урожайность с делянок должна быть никем и ничем не нарушенной и отличаться по вариантам лишь действием изучаемого приема (градации фактора). Поэтому перед уборкой все делянки опыта осматривают, возобновляют при необходимости межевые знаки каждой делянки, убирают этикетки, колышки и другие предметы, которые могут попасть в уборочную технику и вывести ее из строя. Если обнаружены повреждения посевов из-за вымочек, града, ливня, ураганного ветра, потравами животных, хищениями, огрехами при уходе, то прибегают к выключкам, т. е. удалению из учета части площади делянки. Площадь под выключкой должна быть не более 20 % учетной площади делянки. Если она больше, бракуется вся делянка. Если площадь делянки небольшая (10–20 м^2), то делать выключки нет смысла, а необходимо выбраковывать делянки целиком. Выключки и выбраковку целых делянок делают с учетом всех ранее замеченных нарушений в развитии растений и записей в журнале, а не на основании сугубо субъективного впечатления экспериментатора.

Перед уборкой с учетных делянок убирают урожай на всех выключках и защитных полосах, чтобы избежать смешивания этой продукции с учетной.

Ширину боковых защитных полос желательно иметь равной ширине захвата уборочной техники. Если боковые защитные полосы значительно уже и невозможно использовать уборочную технику, тогда перед уборкой учетных делянок убирают лишь торцевые защитные полосы, а учетные площади убирают вдоль делянки строго по ее боковым границам.

Учет урожайности культур в опыте проводят двумя методами: прямым и косвенным.

Прямой метод предусматривает сплошной способ уборки, когда урожай учитывают на всей учетной площади делянки. Он наиболее точен, прост в работе и пересчете урожая с учет-

ной площади на гектарную площадь. В опытном деле для этих целей используют малогабаритные комбайны, позволяющие убирать урожай с делянок в 10–50 м^2. Обычные комбайны используют на делянках с учетной площадью не менее 100 м^2, в противном случае результаты учета урожая сильно искажаются. Это обусловлено тем, что потери зерна у серийных комбайнов намного больше, чем у малогабаритных. При планировании размеров учетной площади делянок нужно учитывать эту закономерность. Использовать при уборке опыта нужно один уборочный агрегат за один день, а при невозможности – целыми повторениями. Необходимо выдерживать оптимальный режим обмолота, скорость движения комбайна на всех делянках должна быть равномерной, нельзя останавливать агрегат на делянке. После того как комбайн пройдет всю делянку, его останавливают на 3–4 минуты, не выключая молотильного аппарата, чтобы за это время все вымолоченное зерно попало в приемную камеру. Зерно высыпают в мешок, куда помещают этикетку с указанием номера делянки, названия варианта и номера повторения. После обмолота зерно взвешивают непосредственно в поле, в крайнем случае на специально отведенной площадке, а в производственных условиях – на току. После взвешивания по вариантам отбирают объединенную пробу массой 1–2 кг для определения влажности, засоренности и определения качественных показателей зерна. Результаты взвешивания зерна с делянки (бункерная масса) пересчитывают до стандартных показателей.

Бункерную массу (в кг) с делянки пересчитывают на 1 га с использованием переводного коэффициента, который рассчитывают по формуле

$$K_n = \frac{10000}{П},$$

где K_n – переводной коэффициент;

$П$ – площадь учетной делянки, м^2.

Умножив массу урожая с делянки (в кг) на $К_п$ и разделив на 1000 (для перевода килограммов в тонны) или на 100 (для перевода килограммов в центнеры), получим бункерную урожайность зерна в тоннах или центнерах с гектара.

Бункерную урожайность при всех способах учета урожайности зерновых приводят к 14%-ной влажности и 100%-ной чистоте. Перерасчет урожайности проводят по следующей формуле:

$$x = \frac{Y \cdot (100 - B_1) \cdot (100 - C)}{100 \cdot (100 - B_2)},$$

где x – урожайность зерна при 14 %-ной влажности, т/га;

Y – урожайность зерна с фактической влажностью при уборке, т/га;

B_1 – фактическая влажность зерна при уборке, %;

C – засоренность зерна, %;

B_2 – стандартная (14 %-ная) влажность зерна.

Косвенный метод учета урожайности пробным снопом заключается в том, что учитывают не всю массу урожая с учетной площади делянки, а лишь среднюю пробу из него – пробный сноп. Применяют данный метод на зерновых, когда невозможно провести их уборку из-за затяжных дождей. Но чаще всего данный метод применяют в опытах с многолетними и однолетними травами, когда их невозможно высушить до состояния сена. После скашивания

и удаления защитных полос с опытного участка приступают к скашиванию растений на всей учетной площади делянки, скошенные растения остаются на тех же местах. Затем, проходя по диагонали делянки, горстями отбирают среднюю пробу (пробный сноп) массой не менее 5–7 кг или два снопа массой 4–5 кг. После взятия снопа и взвешивания его взвешивают всю скошенную массу растений на делянке вместе с пробным снопом. Пробный сноп снабжают этикеткой и помещают под навес для высушивания до постоянной массы. Когда сноп приобретает постоянную массу (воздушно-сухое состояние), его взвешивают и обмолачивают. Вымолоченное зерно взвешивают, а массу соломы рассчитывают по разнице между массой снопа до обмолота и массой зерна. Сразу после обмолота отбирают пробы зерна и соломы на влажность для дальнейшего пересчета полученной урожайности основной и побочной продукции на стандартную влажность.

Урожай зерна и соломы в воздушно-сухом состоянии (кг) со всей учетной площади делянки рассчитывают по формуле

$$У = M \cdot \frac{A}{C},$$

где $У$ – урожай зерна или соломы с учетной площади делянки, кг;

M – масса всего скошенного травостоя с делянки включая массу пробных снопов, кг;

A – масса зерна (или соломы) в пробных снопах после сушки, кг;

C – средняя масса пробного снопа во время отбора, кг.

Умножая урожайность сухого зерна и соломы на переводной коэффициент, получим урожайность с гектарной площади.

Учет урожайности по пробному снопу показывает, что из-за меньших потерь урожайность при пересчете на 1 га получается более высокой, чем при прямом методе учета, и она приближается к биологической урожайности.

Менее точными косвенными методами учета урожайности является метод пробной площадки и линейного метра. К ним прибегают, когда нет возможности учесть урожайность прямым методом. Например, наблюдается сильное полегание и невозможно использовать уборочную технику, отсутствует уборочная техника или установлена большая пестрота почвенного плодородия почвы.

При использовании метода пробной площадки проходят по диагонали делянки и накладывают рамки по 0,25, 0,5 или 1 м^2. Каждую пробную площадку убирают отдельно, суммируют их урожай с каждой делянки. Число таких пробных площадок (метровок) может быть разным, однако их площадь должна составлять 5–10 % общей площади делянки. После просушивания до постоянной массы проводят обмолот снопов, взвешивают зерно и по разнице определяют массу соломы.

Урожайность культуры рассчитывают по формуле

$$У = \frac{10000 \cdot У_1}{1000 \cdot П}, \text{ или } \frac{10 \cdot У_1}{П},$$

где У – урожайность культуры, т/га;

$У_1$ –суммарный урожай с пробных площадок, кг;

$П$ – суммарная площадь пробных площадок на делянке, м^2;

10000 – площадь гектара, выраженная в квадратных метрах;

1000 – коэффициент для перевода килограммов в тонны.

Метод линейного метра состоит в том, что линейные метры накладываются на всей делянке по диагонали или в шахматном порядке. Учитывают урожайность с двух соседних рядков, расположенных вдоль линейного метра.

Урожайность культуры рассчитывают так же, как и для пробной площадки.

Учет отдельных элементов структуры урожайности позволяет установить, за счет каких слагающих элементов произошло увеличение или снижение урожайности культуры. Структура урожайности позволяет вычислить биологическую урожайность, сравнить ее с фактической (хозяйственной) и определить потери зерна при уборке.

Структуру урожайности культуры определяют по растительным пробам, отобранным за 1–2 дня до начала уборки с постоянных площадок, где на метровках подсчитывают:

– общее количество растений к уборке, в том числе продуктивных, шт./м^2;

– процент продуктивных растений;

– общую и продуктивную кустистость;

– общее количество стеблей к уборке, в том числе продуктивных.

Затем с пробного снопа, собранного с единицы площади, определяют продуктивность соцветия (колос, метелка) по 25 растениям, отобранным методом средней пробы из каждого образца (снопа). По возможности число растений увеличивают до 50–100.

На данных растениях определяют:

– длину соцветия (колос, метелка);

– число зерен в соцветии (колос, метелка);

– массу зерна с соцветия (колос, метелка);

– массу 1000 зерен, г.

Урожайность побочной продукции зерновых культур (солома) сплошного сева выражают, как правило, отношением соломы к зерну.

Для расчета этого отношения перед уборкой делянки отбирают пробные снопы с площади 1 м^2. Их взвешивают и обмолачивают вручную или на специальных молотилках. После этого зерно взвешивают, а массу соломы определяют по разнице между массой снопа до обмолота и массой вымолоченного зерна. Разделив массу соломы на массу зерна, получают соотношение между побочной и основной продукцией.

Структура урожайности картофеля включает следующие показатели:

– число растений (кустов) на 1 га;

– число клубней с 1 куста, всего, в т. ч. крупных, средних, мелких;

– масса клубней с 1 куста, г, всего, в т. ч. крупных, средних, мелких.

На основании этих показателей можно определить биологическую урожайность картофеля, а также крупных, средних и мелких клубней.

К крупной фракции относят клубни массой более 100 г, к средней – 50–100, мелкой – менее 50 г.

Учет урожайности кукурузы на зерно имеет свои отличия. На учетных делянках полевого опыта початки выламывают вручную. Затем их взвешивают и определяют урожайность зерна. Для этого пересчитывают массу початков с учетной площади делянки на урожайность початков с 1 га и определяют коэффициент выхода зерна – делят массу зерна из 20 типичных початков с делянки на массу этих пробных початков до обрушивания зерна.

Затем рассчитывают урожайность зерна при влажности, определенной на время обрушивания початков, умножая урожайность початков на коэффициент выхода зерна из початков.

После определения влажности зерна на период обрушивания початков рассчитывают урожайность зерна при стандартной 22 %-ной влажности. Для этого урожайность зерна при полевой влажности (на период обрушивания початков) умножают на переводной коэффициент на стандартную влажность, который рассчитывают по формуле

$$K_в = \frac{(100 - B)}{(100 - 22)},$$

где $K_в$ – переводной коэффициент на стандартную влажность;

B – влажность зерна на время обрушивания початков, %.

У льна-долгунца урожайность семян и соломы определяют как сплошным способом, так и с помощью пробных снопов так же, как и у зерновых культур. Для пересчета урожайности семян и соломы при полевой (уборочной) влажности на стандартную (для семян – 12 %, соломы – 16 %) предварительно определяют влажность той и другой продукции.

Для определения выхода волокна с каждой делянки отбирают пробу массой 18–20 кг, связывают в несколько небольших снопов и помещают на специальные стлища. После вылеживания в течение определенного времени снопы взвешивают и узнают суммарную массу тресты в пробе. Выход тресты рассчитывают по формуле

$$B_т = У_c \cdot \frac{M_2}{M_1},$$

где B_m – выход тресты;

$У_c$ – урожайность соломы при уборочной влажности, т/га;

M_2 – масса тресты в пробе, кг;

M_1 – масса соломы в пробе до вылеживания, кг.

Выход волокна определяют путем пересчета после переработки пробы тресты в волокно.

Документация и отчетность в опыте

От правильного ведения научной документации и ее надежного хранения в значительной степени зависят объективность и обоснованность анализа результатов исследований.

Документацию научного опыта можно условно разделить на первичную и основную. К первичной документации относят дневник исследований (журнал исследований) и журнал опыта, рабочие тетради массовых выборочных наблюдений, лабораторные журналы, ведомости учета, ленты с записями самопишущих приборов и т. п.

К основной документации относят научные отчеты, опубликованные статьи, диссертационные работы, монографии и т. п.

Дневник (журнал исследований) представляет собой общую тетрадь (желательно в жесткой обложке), удобную для ношения и имеющую достаточный объем для размещения всех записей результатов опыта (краткосрочный опыт) или полного вегетационного периода. При многолетних и длительных опытах заполняют последовательно несколько дневников, которые обязательно нумеруются с указанием года исследований и даты начала и окончания записей.

Все первичные записи результатов визуальных или инструментальных наблюдений, учетов и анализов заносят в хронологической последовательности или в подготовленные соответствующие формы. Аналогично делают записи в журнале всех работ по закладке и проведению опыта (агротехнические работы, выключки и т. п.) с указанием объема и качества работ, марки применяемой техники и инструментов. В обязательном порядке в журнале наблюдений фиксируют произошедшие экстремальные атмосферные явления (ливень, град, ураган, заморозки и т. п.), случаи сильного распространения заболеваний и повреждения вредителями растений в опыте.

В случае, если необходимо вести исправления, то указывают, когда, по какой причине и кто внес исправления.

Журнал опыта заполняют на основе дневника (журнала исследований, рабочих тетрадей и других документов). Журнал ведется по каждой теме исследований отдельно. На первых страницах указывается номер темы и ее название, номер раздела исследований, год и место проведения опыта.

При проведении полевого опыта указывается история участка: предшественник, система удобрений, применявшаяся на участке перед закладкой опыта и т. п. Дается характеристика почвы опытного участка (тип, подтип, мощность пахотного горизонта и других слоев почвенного профиля, гранулометрический состав). Приводятся агрохимические свойства почвы перед закладкой опыта (содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия, кислотность и др.). Приводятся программа и методика исследований, схема опыта, схематический план расположения опыта с указанием размеров всего опыта, повторений, учетных делянок, защитных полос между делянками, окаймляющих защитных полос. Указывается ориентация опыта по отношению к сторонам света, репера, закрепления опыта на местности, направление склона и расположение вариантов на делянках опыта.

Журнал опыта должен обязательно содержать:

– календарный план выполнения всех работ по закладке и проведению опыта (от подготовки к посеву до уборки) с указанием сроков, способов и качества выполнения, а также указанием марок применяемой техники;

– результаты анализов, наблюдений и учетов в виде сводных таблиц и графиков, диаграмм, рисунков, фотографий;

– результаты учета урожая: а) по делянкам, б) в пересчете на гектар, в) в переводе на стандартную влажность и чистоту;

– результаты статистической обработки опытных делянок;

– предварительные выводы и предложения.

Журнал хранят в лаборатории (на кафедре) в специальном шкафу или сейфе.

К ведению журнала предъявляют определенные требования. Не допускаются исправления и подчистки. В случае обнаружения ошибок соответствующие исправления вносят путем зачеркивания неверных данных и вписывания новых. По каждому исправлению дают пояснения: по какой причине внесены изменения, кем и когда. Исправления подтверждаются подписями ответственного исполнителя и научного руководителя. Такой порядок предусмотрен и при внесении дополнительных записей.

Следует избегать переписывания содержания журналов, что может привести к появлению ошибок переписывания. Одновременно результаты исследований нужно хранить в электронной базе данных на разных носителях. При составлении электронной версии нужно быть особенно внимательными.

Отчет о научно-исследовательской работе (НИР) – это научно-технический документ, содержащий полные сведения о результатах выполненной работы.

К написанию отчета предъявляются следующие требования:

– четкость и логическая последовательность изложения материала;

– убедительность аргументации;

– кратность и точность формулировок (должна быть исключена возможность неоднозначного толкования);

– обоснованность рекомендаций и предложений.

Отчет о НИР оформляется по определенной форме согласно ГОСТ (СТБ) и должен содержать титульный лист; список исполнителей; реферат; содержание (оглавление); перечень применяемых условных обозначений, символов, единиц и терминов; введение; основную (экспериментальную) часть; заключение; список использованных литературных источников; приложения.

На титульном листе указывают министерство и название учреждения, где выполнялась научная работа, индекс УДК, номер государственной регистрации, гриф согласования и утверждения отчета (с названием учреждения), а также должность, ученую степень и ученое звание лица, утвердившего отчет (заверенные печатью); вид отчета (промежуточный или заключительный); наименование темы исследования, место и год составления отчета.

Список (авторов опыта) исполнителей приводится в виде столбца, включающего фамилии авторов отчета с указанием номера раздела (подраздела) отчета, подготовленного по выполненным данным лицом части НИР, и организацию-исполнителя. Исполнители должны поставить подписи напротив своих фамилий с указанием даты. Если НИР выполнена одним исполнителем, то на титульном листе помещают его фамилию и подпись.

В тексте реферата приводятся:

– ключевые слова;

– объект исследования;

– цель и задачи исследования;

– полученные результаты и степень новизны;

– экономическая эффективность полученных результатов;

– область применения и степень внедрения.

Текст реферата не должен превышать 2000 знаков.

В оглавлении (содержании) отчета указывают название всех его глав, разделов и подразделов, а также номера страниц, с которых они начинаются. Для отчета объемом менее 10 страниц оглавление является необязательным.

Во введении отражают современное состояние решаемой проблемы, обоснование необходимости проведения исследований в данном направлении, приводятся исходные данные для разработки темы, указывается актуальность и новизна темы и ее связь с другими исследованиями.

В основной части отчета дается характеристика объекта исследований, приводится методика и условия проведения эксперимента, результаты теоретических или экспериментальных данных с их оценкой и анализом. Полученные опытные данные при анализе сопоставляются с результатами аналогичных отечественных и зарубежных исследований. Дается оценка по полноте решения поставленных задач и достоверности полученных различий по вариантам эксперимента методами статистического анализа.

Текст основной части делят на разделы, подразделы и пункты. Каждый раздел начинается с новой страницы, его заголовок печатается по центру строки прописными, а заголовки подразделов и пунктов – строчными буквами полужирным шрифтом. От основного текста заголовки подразделов должны быть отделены 3–4 интервалами или пустой строкой. Точки в конце названия не ставят.

Разделы должны иметь порядковую нумерацию арабскими цифрами в пределах всего отчета. Подразделы нумеруют арабскими цифрами в пределах каждого раздела (например, «2.3» – третий подраздел второго раздела). Аналогично нумеруют и пункты внутри подразделов (например, «2.3.4» – четвертый пункт третьего подраздела второго раздела). Если отчет состоит из нескольких частей, то номер каждой части проставляют на титульном листе римскими цифрами под указанием вида отчета.

Цифровой материал экспериментальных данных представляют в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок, начинающийся с прописной буквы. Заголовки граф таблиц пишут с прописной буквы, подзаголовки – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописной, если они самостоятельные. Таблица в тексте размещается после первого упоминания о ней. Заголовок таблицы должен сжато и точно определять ее содержание.

Таблицы нумеруют в пределах раздела арабскими цифрами в правом верхнем углу над заголовком (например, «Таблица 1.2» – вторая таблица первого раздела). Если в отчете одна таблица, то ее не нумеруют и слово «таблица» не пишут. Нельзя переносить часть таблицы на следующую страницу, если она по своим размерам помещается на одной странице. Если размер таблицы больше одной страницы, то ее часть переносят на другую страницу, пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы (например, «Продолжение таблицы 1.3»).

При составлении таблицы придерживаются правила, чтобы все ячейки ее были заполнены цифрами или условными обозначениями. При отсутствии отдельных данных в соответствующих ячейках ставят тире (–), а не ноль (0), который означает, что числовые данные изучаемого показателя равны нулю. Данные, полученные путем «восстановления» или теоретически рассчитанные, заключают в скобки. Сокращениями или символами пользуются только в тех случаях, когда они общепризнаны и смысл их совершенно ясен.

Если повторяющийся в графе таблицы текст состоит из одного слова, его можно заменить кавычками, если из двух или более слов, – словами «То же» при первом повторении и далее кавычками.

Статистические критерии оценки существенности помещают в специальной строке в конце таблицы.

Анализ результатов, представленных в таблице, излагают в виде текста после таблицы. Часть экспериментальных данных удобнее представить графически, что позволяет более наглядно выразить результаты экспериментальной работы. В зависимости от назначения графики делят на две группы: иллюстративные и количественные. Цель иллюстративных графиков – дать качественную оценку динамики процесса или состояния, а количественные графики служат количественным инструментом в различных исследованиях. Заголовок графика помещается под нижним краем графика, а при нумерации указывают номер раздела и порядковый номер иллюстрации (например, «Рис. 2.3» – третий рисунок второго раздела). Для подробного объяснения содержания графика дают примечания, которые помещают за его пределами, а также расшифровку условных обозначений.

Графики, дающие основания для выводов и предложений, так же, как и таблицы должны сопровождаться текстовой или графической характеристикой существенности различий.

Расшифровка символов и числовых коэффициентов помещается под формулой, в которой они приведены, в той же последовательности, что и в формуле.

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер ставят с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках (например, (1.2) – вторая формула первого раздела).

Фамилии, названия учреждений, организаций, фирм, наименование изделий (сорт, модель и др.) в тексте отчета приводят на языке оригинала.

Если в отчете используется особая терминология, употребляются малораспространенные сокращения, новые символы, обозначения, то к отчету прилагается их список. Слева столбиком в алфавитном порядке помещают соответствующие слова, справа дают их полную расшифровку. Если специальные термины, символы или сокращения встречаются в отчете менее трех раз, их полное название указывается в первом упоминании.

Заключение должно содержать краткие выводы, рекомендации и предложения производству, оценку технико-экономической эффективности внедрения или народнохозяйственной (научной) значимости работы.

В списке источников приводятся работы, на которые были сделаны ссылки в текстовой части.

Ссылки на источники в тексте указываются в квадратных скобках и нумеруются арабскими цифрами. Список источников может быть составлен в порядке ссылок их по тексту или в алфавитном порядке.

Приложения должны содержать вспомогательный материал, необходимый для полноты отчета (таблицы цифровых данных, иллюстрации, акты испытаний, акты внедрения результатов исследований, результаты статистической обработки экспериментальных данных).

Каждое приложение начинается с нового листа, нумеруются они арабскими цифрами и располагаются в порядке ссылок на них в тексте.

Если отчет формируется и предоставляется в электронном виде, наличие отчета на бумажном носителе строго обязательно с целью устранения возможности порчи или утери документации. Хранят печатный отчет и отчет, размещенный на электронных носителях информации, раздельно

Порядок выполнения индивидуального задания

В соответствии с индивидуальным заданием необходимо сформулировать тему, цель, задачи и рабочую гипотезу, разработать схему и структуру полевого опыта исходя из предлагаемого варианта исследований и характеристики земельного участка.

Задание рекомендуется выполнить по плану, приведенному ниже.

1. Тема исследований.

2. Объект исследований.

3. Цель эксперимента и 3–4 задачи, решаемые в полевом опыте.

4. Новизна и актуальность исследований.

5. Рабочая гипотеза или ряд конкурирующих гипотез.

6. Схема опыта, стандартный (контрольный) вариант. Обоснование выбора основных элементов методики полевого опыта (размер делянки, ее форма, общая и учетная площадь де-

лянки; обоснование необходимости выбора защиток и их ширины; повторность опыта и методы размещения вариантов в опыте). Обоснование применения элементов методики необходимо увязать с использованием на опытном участке сельскохозяйственной техники (прил. 5).

7. Схематический план полевого опыта (с указанием всех размеров и элементов в натуре).

8. Перечень планируемых основных наблюдений и учетов, раскрывающих задачи опыта и их методики, благодаря которым будет выполнена тема исследований и объяснены процессы повышения (снижения) урожайности и качества продукции.

9. Планируемый метод учета урожая, а также мероприятия, проводимые перед уборкой (уборка защиток, выключек и т. п.), учет урожайности, указать марки применяемой сельскохозяйственной техники.

10. Планируемые методы статистического анализа экспериментальных данных.

Исходные данные для выполнения индивидуального задания представлены в табл. 3.

Таблица 3. **Тема индивидуального задания и характеристика опытного участка**

№ п. п.	Тема индивидуального задания	Размер земельного участка, м	Характеристика рельефа	Особенности расположения опытного участка
1	2	3	4	5
1	Провести производственное испытание сортов ячменя в условиях (название хозяйства, района)	400×680	Уклон с юга на север до 4,0°	Наблюдается систематическое изменение плодородия почвы
2	Провести производственное испытание сортов озимой тритикале в условиях (название хозяйства, района)	350×300	Однородный склон на юго-запад в 3,0°	Наблюдается систематическое изменение плодородия почвы
3	Выявить эффективность различных доз фунгицидов для борьбы с листовыми болезнями озимой пшеницы	410×180	Уклон с юго-востока на северо-запад в 1,5°	Северо-западная часть участка прилегает к лесному массиву высотой 18 м
4	Сравнить сорта ярового рапса в условиях хозяйства (название хозяйства, района) по урожайности и сбору маслосемян с гектара	520×470	Уклон 2,6° с запада на восток	Южной частью участок прилегает к полевой дороге
5	Провести сравнительную оценку эффективности применения различных инсектицидов против колорадского жука на картофеле	400×300	Рельеф ровный	По центру участка находится блюдце размером 5×7 м
6	Провести оценку трех сортов яровой пшеницы на трех различных фонах минеральных удобрений	800×1020	Рельеф ровный	Южной стороной участок примыкает к лесополосе, высота деревьев 10 м
7	Провести сравнительное изучение различных видов основной обработки почвы на урожайность яровой пшеницы	330×280	Уклон в 2,7° с севера на юг	Наблюдается систематическое изменение плодородия почвы
8	Изучить различные дозы азотных удобрений при подкормке озимой ржи	420×710	Уклон на юго-запад в 1,3°	Участок восточной частью прилегает к населенному пункту
9	Провести сравнительное испытание сортов узколистного люпина на урожайность и устойчивость к болезням в условиях (название хозяйства, района)	370×660	Уклон с востока на запад до 1,3°	Западной частью участок примыкает к пойме реки

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5
10	Провести сравнительную оценку урожайности зеленой массы сеяных трав в чистом виде и в травосмеси	340×460	Уклон с востока на запад до 1,9°	Южной стороной участок прилегает к сплошной изгороди
11	Изучить различную глубину основной обработки почвы на засоренность и урожайность картофеля	570×620	Уклон с севера на запад до 2,0°	Западной стороной участок прилегает к пойме реки
12	Провести сравнительную оценку различных способов протравливания на озимом ячмене	380×570	Уклон с юго-востока на северо-запад до 1,4°	Северная часть участка прилегает к лесополосе высотой 8 м
13	Провести изучение влияния глубины заделки семян озимой пшеницы на полевую всхожесть и продуктивность растений	340×680	Уклон на юго-запад до 2,0°	Южной частью участок прилегает к полевой дороге
14	Выявить наиболее эффективную для среднесуглинистых почв норму высева ярового ячменя	250×120	Рельеф ровный	Южной частью участок прилегает к лесному массиву, высота деревьев 22 м
15	Изучить различные нормы высева на сортах ярового ячменя разных групп спелости в производственных условиях	720×970	Односторонний уклон с севера на юг в 1,4°	Участок с западной стороны примыкает к полевой дороге
16	Изучить различные способы внесения минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы	210×700	Рельеф ровный	Опытный участок восточной частью примыкает к автомагистрали
17	Провести сравнительную оценку различных видов бобовых культур по сбору белка с гектара	410×610	Уклон с востока на север до 0,6°	На участке находятся два одиноко стоящих дерева
9	Изучить влияние различных видов протравителей на снижение семенной инфекции и урожайность ячменя	1200×270	Рельеф ровный	На территории участка находятся два блюдца размером 4×5 м и 10×12 м
19	Изучить влияние различных норм высева на урожайность зеленой массы вико-овсяной смеси	440×570	Рельеф ровный	На участке находится блюдце размером 4×7 м
20	На фоне азотно-фосфорных удобрений изучить различные дозы калийных удобрений на урожайность гречихи	420×670	Уклон с северо-востока на юго-запад до 1,0°	Участок северной частью прилегает к населенному пункту