

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА АГРОНОМИИ, СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА

**МЕТОДИКА ОПЫТНОГО ДЕЛА В АГРОНОМИИ
И МЕТОДЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ**
(курс лекций)

*Учебное пособие для аспирантов направления
подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство,
профилей: Общее земледелие, растениеводство
Селекция и семеноводство с.-х. растений
Агрехимия*

Брянск – 2018

УДК 631 (076)

ББК 41.4

М 48

Мельникова, О. В. **Методика опытного дела в агрономии и методы статистической обработки результатов исследований (курс лекций):** учебное пособие для аспирантов направления подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство, профилией: Общее земледелие, растениеводство; Селекция и семеноводство с.-х. растений; Агрохимия / О. В. Мельникова. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ. - 2018. - 100 с.

В учебном пособии представлен лекционный курс по методике опытного дела в агрономии и методам статистической обработки результатов исследований, который рассматривает вопросы истории развития опытного дела в России, структуры и задач научных учреждений, этапы научных исследований, методы научных исследований, классификацию агрономических опытов, требования, предъявляемые к опытам, основные этапы планирования исследований, основные элементы методики полевого опыта, планирование наблюдений и учетов в опыте.

Рецензенты:

Романова Ираида Николаевна - доктор с.-х. наук, профессор кафедры агрономии и экологии ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА.

Дронов Александр Викторович - доктор с.-х. наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией Института экономики и агробизнеса ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, протокол №6 от 21 марта 2018 г.

© Брянский ГАУ, 2018

© Мельникова О.В., 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ИСТОРИЯ ОПЫТНОГО ДЕЛА В АГРОНОМИИ	7
1. Краткая история опытного дела	7
2. Структура и задачи научных учреждений	9
3. Научные исследования, уровни и виды исследований	10
4. Методы исследований	14
2. АГРОНОМИЧЕСКИЕ ОПЫТЫ	20
1. Классификация опытов	21
2. Использование опытов для решения конкретных задач	23
3. Специфика опытов по сортоиспытанию	28
4. Требования, предъявляемые к опытам	30
3. ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ ПОЛЕВОГО ОПЫТА	36
1. Число вариантов и контролей в опыте	37
2. Размер опытных делянок и ширина защитных полос	39
3. Форма опытных делянок и их ориентация на местности	42
4. Повторность и повторения в опытах	43
5. Условия проведения опытов	44
6. Пути повышения точности и достоверности опытов	45
4. РАЗМЕЩЕНИЕ ВАРИАНТОВ В ОПЫТАХ	48
1. Классификация методов размещения вариантов	49
2. Случайное (рэндомизированное) размещение	51
3. Стандартное и систематическое размещение	56
5. ВЫБОР И ПОДГОТОВКА ЗЕМЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ ДЛЯ ОПЫТОВ	59
1. Почвенно-биологическое обследование земельной площади	59
2. Выбор почв для основных опытных культур	62
3. Подготовка земельной площади для опыта	64
4. Рекогносцировочные посевы	65
5. Планирование опытов	68
6. МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ И УЧЕТОВ	72
1. Метеорологические наблюдения	72
2. Изучение физических свойств почвы	73
3. Определение агрохимических показателей почвенной среды	77
4. Учет засоренности посевов	79
5. Фитопатологические учеты на посевах различных культур	80
6. Энтомологические учеты	84
7. Фенологические наблюдения	85
8. Оценка посевов и учет биометрических показателей	88
9. Учет надземных и корневых остатков	92
10. Учет урожая	93
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	99

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины «Методика опытного дела в агрономии и методы статистической обработки результатов исследований» является формирование знаний и умений аспирантов по методам агрономических исследований, планированию, технике, закладке и проведению эксперимента, а также применению статистических методов анализа полученных результатов исследований.

Задачи дисциплины:

- сформировать у аспирантов представление о методике опытного дела в агрономии и методах статистической обработки результатов исследований;
- изучить общенаучные и специальные методы научной агрономии: лабораторный, вегетационный, лизиметрический, вегетационно-полевой, полевой,
- классификацию агрономических опытов, задачи, решаемые полевыми, мелкоделяночными, лабораторно-полевыми опытами, характеристика опытов в условиях производства, методы статистической обработки экспериментальных данных;
- требования, предъявляемые к опытам;
- изучить основные требования, предъявляемые к полевому опыту; основные этапы планирования исследований;
- схемы однофакторного и многофакторных опытов, основные элементы методики полевого опыта;
- варианты опыта, число повторений в опыте, опытная делянка: форма, размеры, направление, защитные полосы, повторность и повторения в опыте;
- систематические методы размещения вариантов, стандартные методы размещения вариантов, рендомизированные методы размещения вариантов;
- изучить сущность дисперсионного анализа результатов исследований, доверительные интервалы и критерии существенности, прямолинейную корреляцию и регрессию, дисперсию, стандартное отклонение и коэффициент вариации, метод расчета наименьшей существенной разности (НСР).

Дисциплина «Методика опытного дела в агрономии и методы статистической обработки результатов исследований» непосредственно базируется на изучении предшествующих дисциплин в Вузе: земледелие, растениеводство, основы научных исследований в агрономии.

Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при обработке полученных результатов ис-

следований и написании научно-квалификационной работы (диссертации) по выбранной научной специальности.

Дисциплина «Методика опытного дела в агрономии и методы статистической обработки результатов исследований» направлена на освоение следующих компетенций:

Для направления - Общее земледелие, растениеводство:

ОПК 1 - владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции.

ОПК 2 - владение культурой научного исследования в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий.

ОПК 3 - способность к разработке новых методов исследования и их применению в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции с учетом соблюдения авторских прав.

ПК 10 - способность к самостоятельному обучению новым методам исследования и применению существующих методов и средств подачи информации при выполнении научных исследований в области профессиональной деятельности.

Для направления - Селекция и семеноводство с.-х. растений:

ОПК 1 - владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции.

ОПК 2 - владение культурой научного исследования в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий.

ОПК 3 - способность к разработке новых методов исследования и их применению в области сельского хозяйства, агрономии, защиты

растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции с учетом соблюдения авторских прав.

ПК 4 - способность к самостоятельному обучению новым методам исследования и применению существующих методов и средств подачи информации при выполнении научных исследований в области профессиональной деятельности.

Для направления – Агрохимия:

ОПК 1 - владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции.

ОПК 2 - владение культурой научного исследования в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий.

ОПК 3 - способность к разработке новых методов исследования и их применению в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции с учетом соблюдения авторских прав.

ПК 5 - способность к самостоятельному обучению новым методам исследования и применению существующих методов и средств подачи информации при выполнении научных исследований в области профессиональной деятельности.

1. ИСТОРИЯ ОПЫТНОГО ДЕЛА В АГРОНОМИИ

1. Краткая история опытного дела
2. Структура и задачи научных учреждений
3. Научные исследования, уровни и виды исследований
4. Методы исследований

1. Краткая история опытного дела

Опытное дело в агрономии зародилось одновременно с возникновением земледелия, когда с помощью примитивного орудия — заостренной палки — первобытный человек начал рыхлить почву и высевать в нее семена, передавая свой опыт из поколения в поколение.

Опытное дело совершенствовалось одновременно с возникновением и совершенствованием учебных заведений, особенно высших. Первым высшим учебным заведением в России была Киево-Могилянская академия, основанная в 1615 г., а ее первым ученым-естествоиспытателем, ботаником, метеорологом был Ионикий Галятковский. В стенах академии учились многие выдающиеся русские ученые, в том числе М. В. Ломоносов, которому принадлежат слова: «Один опыт я ставлю выше тысячи мнений, рожденных единственно воображением».

Своеобразными зародышами научных исследований были аптекарские огороды, созданные в 1629 г. под Москвой, а затем и в других районах России. Научными исследованиями руководило «Вольное экономическое общество», организованное в 1765 г.

Первые опытные работы были начаты в 1790 г. М. Г. Ливановым в с. Богоявленское вблизи г. Николаева, а первое опытное учреждение (Бутырский хутор) создано под Москвой в 20-х гг. XIX столетия. В 1840 г. в Горы-Горецком (Белоруссия) было организовано первое опытное поле. По инициативе Д. И. Менделеева в 1867 г. были заложены еще четыре опытных поля в Московской, Петербургской, Смоленской и Симбирской губерниях.

В 1895—1897 гг. организованы первые опытные сельскохозяйственные станции: Вятская, Энгельгардская и Ивановская. В конце XIX в. в России уже работали 10 опытных и селекционных станций, 13 опытных полей, 2 лаборатории и 2 контрольно-

семенные станции с 60 научными сотрудниками.

В 1913 г. из 214 научных учреждений было 44 опытные станции, 78 опытных полей и 92 лаборатории, но еще не было научно-исследовательских институтов. К 1940 г. число научных учреждений увеличилось более чем в 4 раза, а число научных сотрудников превысило 10 тыс. В составе научных учреждений было много институтов. Так, в 1922 г. был создан Центральный научно-исследовательский институт по сельскому хозяйству, в 1924 г. — Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур, а в 1929 г. организована Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук во главе с выдающимся ученым Н.И. Вавиловым. Академия располагала большой сетью научно-исследовательских институтов и новых опытных станций как отраслевого, так и зонального значения.

Еще больше увеличилось количество научных учреждений за послевоенные годы. Только в системе Министерства сельского хозяйства в 1973 г. функционировало 671 научное учреждение, в которых работало около 60 тыс. сотрудников. Научной работой занимаются ученые в сельскохозяйственных учебных заведениях России, а также в проблемных лабораториях и на тысячах госсортоучастков.

Огромный вклад в опытное дело внесли ученые В.В. Докучаев, П.А. Костычев, А.А. Измаильский, А.И. Душечкин, А.Г. Дояренко, Д.Н. Прянишников и многие другие. Особенно активно работал в области опытного дела А.Г. Дояренко, который в 1918, 1919, 1921 гг. организовывал Всероссийские съезды опытников. Он первым начал читать в 1907 г. курс опытного дела в Петровской сельскохозяйственной академии, усовершенствовал применение математической статистики в исследованиях, редактировал «Научно-агрономический журнал».

Первая кафедра опытного дела в России была организована П. Н. Константиновым, который написал фундаментальную работу «Основы сельскохозяйственного опытного дела». Известными методистами опытного дела были Н.Ф. Деревицкий, В.Н. Перегудов, П.Г. Найдин, А.С. Молостов и многие другие. Но особое место в совершенствовании и становлении методики за последние 30 лет принадлежит Б.А. Доспехову, заведующему кафедрой земледелия и методики опытного дела, автору учеб-

ника «Методика полевого опыта», выдержавшего пять изданий за 1965-1985 гг.

2. Структура и задачи научных учреждений

В России в сельском хозяйстве функционируют следующие научные учреждения: лаборатории (обычные и проблемные), опорные пункты, опытные поля, научные отделы, опытные станции, институты, академии наук.

Элементарной единицей среди научных учреждений является научная лаборатория, которая входит в состав научного отдела или кафедры вуза. Лаборатория может быть и отдельным научным учреждением на производстве или в составе академии наук. В высших учебных заведениях создаются еще проблемные лаборатории для решения научно-технических проблем фундаментальных наук. Могут быть и отраслевые лаборатории, которые создают для решения актуальных прикладных задач отрасли. Лаборатории могут быть составной частью опорного пункта, опытной станции или института.

Опорный пункт — это научное подразделение опытной станции или института, которое создается на производстве. Его деятельность организуют и планируют те научные учреждения, которым подчинен опорный пункт. По длительности функционирования опорные пункты могут быть временными или постоянными в зависимости от поставленных задач.

Опытные поля призваны проводить многолетние стационарные полевые опыты для выявления лучших приемов возделывания сельскохозяйственных культур в конкретных почвенно-климатических условиях. На них изучают эффективность минеральных и органических удобрений, типы севооборотов, способы борьбы с эрозией почв, технологии выращивания культур.

Научный отдел — основная структурная часть опытной станции или института. В состав отделов входят научные лаборатории, которые занимаются конкретной тематикой. По специализации существуют научные отделы земледелия, агрономии, селекции, генетики, экономики и др. На опытных станциях могут создаваться комплексные отделы: агрохимии и почвоведения, селекции и генетики, растениеводства и кормопроизводства и т.п.

Опытные станции осуществляют научную разработку агротехнических мероприятий в конкретных естественно-экономических условиях и дают рекомендации производству.

Научно-исследовательские институты — это учреждения, которые разрабатывают теоретические проблемы сельскохозяйственной науки и практические рекомендации для развития определенных отраслей агрономии. Институты могут быть как зональными, так и отраслевыми.

Научно-методическое руководство этими институтами осуществляет Российская академия сельскохозяйственных наук.

Академия сельскохозяйственных наук — высшее научное учреждение России. Ее членами являются выдающиеся ученые, которые руководят институтами и отделениями академии в различных краях и зонах. Академия разрабатывает важнейшие проблемы во всех отраслях сельскохозяйственной науки.

3. Научные исследования, уровни и виды исследований

Научное исследование — это изучение конкретного объекта, явления или предмета для раскрытия закономерностей его возникновения и развития. Характерные черты научных исследований: объективность, возможность воспроизведения, доказательность и точность результатов.

Различают следующие этапы научных исследований:

- предварительный анализ существующей информации по исследуемому вопросу;
- изучение условий и методов решения задач;
- формулирование исходных гипотез и их теоретический анализ;
- планирование, организация опыта (эксперимента) и его проведение;
- анализ и обобщение результатов опыта;
- проверка исходных гипотез на основе исследованных факторов,
- окончательное формулирование новых закономерностей и законов, их объяснение и научные предсказания;
- внедрение предложений в производство по результатам прикладных исследований.

Исследования проводят на трех основных взаимосвязанных уровнях — эмпирическом (экспериментальном), теоретическом и описательно-обобщающем.

1. На эмпирическом (экспериментальном) уровне исследований ставят эксперименты, накапливают факты, анализируют их и делают практические выводы. Эксперименты являются источником познания, критерием истинности гипотез и теорий. Если эксперименты ставят на конкретных объектах, то они называются физическими. Используют также мысленные эксперименты — логическое рассуждение об изменении явлений и процессов при таких условиях, которые нежелательно создавать в физическом эксперименте. Это могут быть опыты с очень высокими или низкими температурами, давлением, большой концентрацией пестицидов и т.п.

В эксперименте объект исследований изучают в тех условиях, которые планируется исследовать. Эти условия контролируют и регулируют, а результаты учитывают с достаточно высокой точностью. Эксперименты могут быть качественными, если в них учитывают наличие или отсутствие того или иного качественного показателя (поврежденные или не поврежденные морозами или вредителями, пораженные или не пораженные болезнями растения и т.п.), и количественными, если в них учитывают количественные показатели (рост растений, их урожайность, процент сахара в корнях сахарной свеклы или белка в зерне пшеницы и т.п.). В экспериментах можно исключать влияние побочных факторов, выделяя исследуемое явление; можно вводить новые факторы, усложнять опыт; результаты исследований можно многократно воспроизводить. В опыте можно изучать и те явления, которые не наблюдаются в природе, используя для этого мысленный эксперимент; можно создавать новые объекты исследований — сорта, пестициды и т.п.

Вычислительные эксперименты основываются на компьютерных расчетах математических моделей и выборе из их множества оптимальных. Все эксперименты служат источником теоретических представлений.

2. На теоретическом уровне исследований синтезируются новые знания, формулируются общие закономерности в определенной области. Теория — это система обобщенных знаний,

объяснение определенных явлений действительности. Результаты экспериментов в обобщенном виде становятся частью определенной теории. Теория также помогает интерпретировать результаты эмпирических исследований. Критерием правильности теории является эксперимент.

Однако теория — это не сумма отдельных результатов эксперимента, а новая ступень познания. Например, в эксперименте выявлена тесная корреляционная связь между условиями среды и урожайностью сахарной свеклы. Анализируя и обобщая результаты исследований с применением методов математической статистики, в частности корреляционного анализа, можно вывести уравнение регрессии для планирования и прогнозирования будущего урожая. Это основа теории планирования и прогнозирования производства сельскохозяйственной продукции. Результаты исследований поглощения питательных элементов полевыми культурами являются основой для построения теории минерального питания растений.

3. На описательно-обобщающем уровне исследований эксперименты не проводят, а описывают явления, которые происходят непосредственно в природе. Например, наблюдения за ростом и развитием растений в зависимости от погодных условий, прохождением фенологических фаз, морозостойкостью, засухоустойчивостью и т.п. Исследователь регистрирует все явления и процессы, обобщает агрономические объекты без активного влияния на них. На основании таких наблюдений и обобщений можно делать выводы и рациональные предложения для производства, при этом используют такие формы мышления, как суждение и умозаключение.

Суждение — это такая форма мышления, когда утверждают либо отрицают существование явления, процесса. Суждение может быть объективным или ошибочным.

Умозаключение — такая форма мышления, когда из одного или нескольких связанных между собой суждений выводят новые знания. Например, известно, что новый гибрид кукурузы имеет такое же качество, как и районированный сорт. Можно сделать умозаключение, что качество нового гибрида, его устойчивость к болезням, вредителям и т.п. будут такими же, как и у районированного сорта.

В зависимости от познавательной или практической цели научные исследования условно подразделяют на виды: фундаментальные и прикладные. Условность такого деления состоит в том, что на определенных этапах, при определенных условиях фундаментальные исследования могут переходить в прикладные, и наоборот. Это свидетельствует о тесной взаимосвязи научного познания с практикой.

Фундаментальные исследования направлены на открытие и изучение новых явлений и законов природы. Их результатом является законченная система научных знаний и ориентация на использование этих знаний в определенной отрасли практической деятельности человека. Примеры таких исследований — изучение процессов фотосинтеза, биологической фиксации азота из воздуха, тайн наследственности, расшифровка молекул ДНК, РНК и т.п. Такие исследования ведутся на грани известного и неизвестного. Из-за некоторой неопределенности фундаментальных исследований повышается роль случая и приобретает особое значение интуиция исследователя.

Прикладные исследования в агрономии направлены на изучение факторов жизни растений и взаимосвязей между растениями и средой, на создание перспективных сортов и гибридов. Главная задача этих исследований — разработка эффективных приемов повышения урожайности сельскохозяйственных растений и улучшения качества продукции.

Прикладные исследования проводят путем выполнения научно-исследовательских работ, в результате чего получают экспериментальные данные. Наиболее эффективные варианты исследований внедряют в производство (например, оптимальные глубины и способы обработки почвы; лучшие предшественники; нормы и сроки посева семян и т.п.).

Разновидностью прикладных являются поисковые исследования — разработка принципиально новых агроприемов, создание сортов, комплексно устойчивых к болезням, вредителям, неблагоприятным условиям внешней среды. Одной из разновидностей прикладных исследований является также опытно-конструкторская работа.

4. Методы исследований

Метод — это упорядоченная деятельность исследователя, направленная на получение новых знаний. Используемые в агрономии методы подразделяют на общенаучные и конкретно-научные (специальные).

1. Общенаучные методы. Из общенаучных методов в агрономии чаще всего используют: выдвижение гипотезы, эксперимент, наблюдения, анализ, синтез, индукцию, дедукцию, абстрагирование, конкретизацию, аналогию, моделирование, формализацию, инверсию, обобщение и т.д.

- Гипотеза — научное предположение, истинное значение которого является неопределенным. Различают гипотезы как метод развития научных знаний и как составную часть научной теории. Если гипотезы выдвигают для развития знаний, то сначала высказывают определенные предположения, которые потом проверяют экспериментально.

Если гипотеза выдвинута на основе уже известных знаний, то она является обоснованным предположением.

Эксперимент — метод познания, с помощью которого в искусственно созданных и контролируемых условиях изучают объекты и происходящие в них процессы. С помощью экспериментов проверяют гипотезы.

В эксперименте то или иное явление создают искусственно, не ожидая, пока оно появится в природе (орошают, удобряют, высевают семена разными нормами, на различную глубину, используют фунгициды, инсектициды, гербициды и т.п.). В одном и том же эксперименте можно изучать несколько явлений, при этом опыт становится многофакторным. В процессе исследований факторы можно расчленять для более детального изучения каждого.

- Наблюдения — целенаправленное сосредоточение внимания исследователя на явлениях, происходящих в эксперименте, или на явлениях природы, их количественная и качественная регистрация. Цель наблюдений в научной агрономии — выявление лучших элементов агротехники, технологий, сортов, почв и т.п., способствующих повышению урожайности и качества продукции.

- Анализ — метод исследований, с помощью которого исследуемый объект мысленно или физически расчленяют на составные части для детального изучения. Например, опыт сначала анализируют по каждой делянке, затем по повторностям, вариантам.

- Синтез — соединение расчлененных и проанализированных частей исследуемого объекта или нескольких объектов в единое целое. Задача синтеза — на основании детального анализа получать необходимые данные для выводов и обобщений. В определенной мере синтез противоположен анализу, но они взаимозависимы и взаимообусловлены. Например, анализируя данные каждого повторения опыта, исследователь вычисляет среднее арифметическое по каждой делянке, варианту. Анализ каждого варианта ведет к их объединению в опыте, после чего делают выводы, обобщения. Заключительный этап синтеза — рекомендации для производства.

- Индукция — метод исследований, с помощью которого суждения ведут от фактов к конкретным выводам. Например, если листья растений желтеют в период вегетации, то делают вывод о недостатке азота; если они приобретают фиолетовый оттенок — о недостатке фосфора; если листья вянут — об ухудшении водного режима растений.

- Дедукция — метод исследований, который позволяет с помощью анализа общих положений и фактов делать частные одиночные выводы.

Апробацию сортов сельскохозяйственных культур с помощью морфологических признаков тех или иных сортов проводят также с использованием дедуктивного метода. По фактическому соотношению питательных элементов в растениях или по визуальным показателям делают выводы об уровне обеспеченности сельскохозяйственных растений удобрениями также с применением дедуктивного метода.

- Абстрагирование — мысленное выделение основного в объекте исследований, его наиболее существенных связей. Так, среди десятков вариантов агротехнического опыта исследователь выбирает самые эффективные, существенно отличающиеся от других. Селекционер выделяет среди сотен гибридов лучшие по наиболее важным показателям (не только по урожайности,

но и по качеству продукции, стойкости к неблагоприятным условиям среды).

- Конкретизация — метод исследований, с помощью которого от абстрактного переходят к конкретному. Например, выделив в создании органического вещества основной процесс — фотосинтез — и поняв его сущность, исследователь мысленно возвращается к растению, его среде, к системе среда — растение, рассматривает взаимодействие растения со всеми факторами его жизни. Таким образом, методы абстракции и конкретизации взаимосвязаны, дополняют друг друга.

- Аналогия — метод, благодаря которому знания об известных уже объектах, предметах, явлениях переносятся на другие, похожие на них. При этом вывод делается по аналогии.

- Моделирование — метод исследования объектов, процессов и явлений на их моделях. Сущность моделирования — замена объектов, которые трудно изучать, на специально созданные аналоги — модели. Для того чтобы исследования на моделях были эффективными, каждая из них должна иметь черты оригинала. Если модель сохраняет физическую природу оригинала, то это физическая модель. Так можно моделировать почву, растительные клетки, органы, растения. Математическую модель не создают, объект лишь описывают соответствующими уравнениями (например, математическое описание урожайности определенной культуры или сорта в зависимости от условий внешней среды).

Пример самого простого моделирования в опытном деле — составление схемы опыта, вычерчивание в масштабе опытной делянки, схематичное изображение всего опыта с выделением повторений, защиток и обозначением места каждого варианта.

- Формализация — метод изучения объектов с помощью отдельных элементов их форм, которые отображают содержание объекта исследования. Чаще всего формализацию применяют с использованием математики, приводя доказательства в виде последовательных формул. Например, урожайность культуры зависит от типа почвы (X_1), содержания в ней азота (X_2), фосфора (X_3), калия (X_4), влажности (X_5), аэрации почвы (X_6) и других факторов (X_n). Величину урожая последовательно вычисляют сначала через зависимость от каждого из них, после

чего выводят общую формулу: $Y = J(X_1 X_2 X_3 X_4 \dots X_n)$. Использование подобных формул с определенными коэффициентами — сущность метода формализации.

- Инверсия — метод необычного изучения объектов, явлений (под определенным углом и даже с противоположной стороны); соединение несовместимого, деление неделимого. Основное в методе инверсии — это отказ от общепринятых взглядов и приемов. Например, перед химическим анализом образцы растений сначала высушивают, затем берут навески и анализируют определенными методами. Но при высушивании образцов высокими температурами в них происходят превращения, в результате которых может существенно измениться биохимический состав, результаты анализа будут искажены. Следовательно, для биохимических анализов растения необходимо обезводить противоположным способом, т.е. отрицательными температурами, путем вымораживания. При этом биохимические изменения в растениях прекращаются, анализ покажет фактическое содержание органических веществ в растениях.

- Обобщение — метод, с помощью которого мысленно переходят от отдельных факторов, явлений и процессов к отождествлению в мыслях; от одного понятия, суждения к более общему. Так обобщают результаты исследований для каждого повторения, затем для всего опыта, конкретного хозяйства, группы хозяйств, которые находятся в аналогичных почвенно-климатических условиях. Обобщать можно факты, суждения и научные теории. Для этого используют такие методы, как абстрагирование, конкретизация, анализ, синтез, индукция, дедукция, и др.

II. Специальные методы. К специальным методам исследований относятся те, которые применяют в научной агрономии, поэтому их еще называют конкретно-научными. В эту группу входят лабораторный, вегетационный, лизиметрический, вегетационно-полевой, полевой, экспедиционный методы. Каждый из них можно использовать совместно с другими специальными и общенаучными методами.

- Лабораторный метод используют для анализа растений и среды их обитания в лабораторных условиях для изучения взаимодействий растений с внешней средой, обмена веществ в рас-

тениях, оценки качества урожая, исследования физических, химических, микробиологических свойств почвы и т.д.

С помощью химического анализа почвы в лаборатории определяют обеспеченность различных почв питательными элементами в зависимости от предшественника, обработки почвы, системы удобрений. Определяя содержание макро- и микроэлементов в растениях, массу растений и проводя расчеты, получают информацию о выносе из почвы питательных элементов теми или иными культурами.

Изучение влажности почвы, содержания в ней семян сорных растений, их корневищ и корневых отпрысков, анализ структуры и других физико-химических свойств почвы позволяет получить данные о ее окультуренности и пригодности для выращивания сельскохозяйственных растений. С помощью проращивания посевного материала в термостатах определяют всхожесть семян растений и др.

- Вегетационный метод — исследование растений, выращиваемых в сосудах в стеклянных домиках при строго контролируемых условиях внешней среды сроком от нескольких дней до нескольких месяцев. С многолетними растениями исследования можно проводить несколько лет. Основная цель вегетационного метода — изучать влияние отдельных факторов жизни растений, сущность процессов, которые происходят в растениях, в почве и в системе почва — растение.

Вегетационный метод позволяет поддерживать в соответствии с программой исследований различные условия — влажность, обеспеченность питательными элементами, pH раствора, освещение, температуру и т.д. Однако результаты вегетационного метода нельзя непосредственно переносить на производственные условия. Влияние отдельных факторов жизни на продуктивность растений можно детально изучать лишь в природных условиях, т.е. в поле. Поскольку в вегетационных опытах условия среды четко регулируются, то количество вегетационных периодов, т.е. повторностей во времени, можно сократить до минимума.

Вегетационный метод имеет и недостатки. В вегетационных сосудах нет всех горизонтов почвы, которые свойственны полю, нет подпочвы и тех особенностей водного режима, которые складываются на полях под открытым небом. Часто в сосу-

дах питательным субстратом служат песок, гравий, вода и т.п. Из-за этого вегетационный опыт не позволяет ответить на вопрос, как будет влиять изучаемый фактор на урожайность растений в полевых условиях. Еще один из недостатков — значительные материальные затраты на сооружение вегетационных домиков и их оборудование.

Д. Н. Прянишников, оценивая вегетационный и полевой методы, отмечал, что первый из них более точен, но меньше подходит для непосредственного внедрения его результатов в производство; второй, т.е. полевой, наоборот, менее точен, но более практичен. Поэтому эти два метода взаимно дополняют друг друга.

- Лизиметрический метод — исследование растений и свойств почвы в поле для изучения баланса влаги и элементов питания. Такие исследования проводят в очень больших сосудах — лизиметрах, которые периодически взвешивают. Жизнь растений и свойства почвы изучают непосредственно в поле, где лизиметры устанавливают в выкопанные ямы так, чтобы надземная часть растений находилась в тех же условиях, что и у окружающих растений. Дно лизиметра имеет отверстие, через которое собирают промывные воды в специальные поддоны для химических анализов.

В зависимости от целей исследований и размера самих растений высота почвы в лизиметрах может колебаться от 0,25 до 2 м, но чаще всего 1,0—1,5 м. По способу наполнения почвой различают два типа лизиметров: с насыпной почвой, т.е. с нарушением ее естественного сложения, и с естественным строением, когда в лизиметр вставляют монолит, вырезанный из почвы. В насыпные лизиметры почву насыпают по горизонтам, просеивая, смешивая и уплотняя ее до естественного объема. В зависимости от задач опыта лизиметры могут быть с растениями или без них (т.е. с черным паром).

Несмотря на то что лизиметрические исследования проводят в поле, их условия еще не очень близки к полевым. Для устранения этого недостатка используют вегетационно-полевой метод.

- Вегетационно-полевой метод — исследование растений непосредственно в поле в металлических цилиндрах, т.е. в сосудах без дна. Этот метод является промежуточным между вегетационным и полевым. Почва в цилиндрах отделена от почвы

поля лишь сбоку, а снизу она контактирует с почвой в естественном состоянии или подпочвой.

Одно из преимуществ вегетационно-полевого метода заключается в том, что для его использования нет необходимости в специальных помещениях (вегетационных домиках, теплицах, фитотронах). Однако детальное изучение культур в естественных условиях возможно лишь при использовании полевого метода.

- Полевой метод — это проведение полевых опытов (экспериментов). Основным методом научной агрономии, ибо с его помощью связываются теоретические исследования с практическими.

На основе полевых экспериментов разрабатывают рекомендуемые агроприемы, технологии и испытывают сорта для сельскохозяйственного производства. Основная задача полевого метода — выявление достоверных различий между вариантами опытов, количественная оценка влияния факторов жизни на урожайность растений и качество продукции.

Эффективность полевого метода значительно повышается в сочетании с другими методами, выбор которых определяется программой исследований.

- Экспедиционный метод используют для изучения и обобщения агрономических вопросов непосредственно на производстве с помощью обследования посевов культур (и сортов).

Экспедиционный метод используют для почвенных обследований. При этом копают почвенные разрезы, описывают их, берут образцы почвы для физических и химических анализов. С помощью геологических буров определяют уровень грунтовых вод, что имеет большое значение для выяснения гидрологических условий на отдельных полях и в севооборотах в целом. Во время экспедиционных обследований выявляют также распространение злостных и карантинных сорняков, болезней и вредителей сельскохозяйственных культур.

2. АГРОНОМИЧЕСКИЕ ОПЫТЫ

1. Классификация опытов
2. Использование опытов для решения конкретных задач
3. Специфика опытов по сортоиспытанию
4. Требования, предъявляемые к опытам

1. Классификация опытов

АгронOMICеские опыты объединяют в две большие группы: агротехнические и опыты по сортоиспытанию. Кроме того, опыты подразделяют на полевые — проводимые в естественных условиях, и на проводимые в искусственных условиях (в теплицах, вегетационных домиках, фитотронах). Промежуточное положение занимают опыты в лизиметрах.

Полевые опыты для удобства их использования подразделяют по месту проведения; по длительности; по числу изучаемых факторов; по географическому охвату объектов исследований (рис. 1).

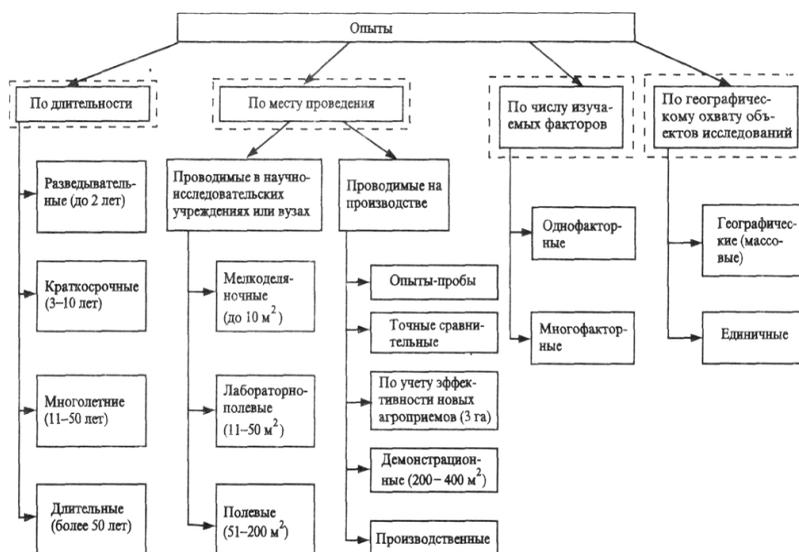


Рис. 1. Классификация полевых опытов

1. Подразделение опытов по месту проведения. Выделяют опыты, проводимые в научных учреждениях или учебных заведениях, и те, которые проводят в условиях производства.

Опыты в научных учреждениях или учебных заведениях подразделяют на мелкоделяночные, лабораторно-полевые и полевые. Мелкоделяночные опыты проводят на опытных делянках

площадью до 10 м², лабораторно-полевые -11-50 и полевые- 51-200 м² и более.

Опыты на производстве подразделяют на опыты-пробы, точные сравнительные опыты, опыты по учету эффективности новых агроприемов, демонстрационные и производственные.

Опыты-пробы закладывают на производственных посевах, где выделяют полосы шириной в один проход жатки или комбайна. Длина таких делянок должна быть в 5-10 раз больше ширины.

В точных сравнительных опытах ширина делянки с культурами сплошного способа посева составляет 8-16, а с пропашными - 5-10 м, общая площадь таких делянок 500-2000 м². Как правило, ширина делянки должна быть кратной ширине прохода почвообрабатывающих, посевных и уборочных агрегатов, чтобы полнее механизировать наиболее трудоемкие процессы.

Для опытов по учету эффективности новых агроприемов в производстве выделяют контрольные полосы ширина которых должна соответствовать ширине прохода воротного агрегата, а длина-длине загонок. Общая площадь каждой из этих полос до 3 га.

В демонстрационных опытах площадь опытных делянок обычно в два раза больше, чем в полевых опытах научных учреждений, и составляет 200-400 м². Это необходимо для максимальной механизации производственных процессов.

Производственные опыты проводят на всей площади севооборота, на площади полевой бригады и даже целого хозяйства или административного района.

II. Подразделение опытов по длительности их проведения. Различают разведывательные, краткосрочные, многолетние и длительные опыты.

Разведывательные (временные) опыты проводят на протяжении 1-2 лет для выявления тех агроприемов или сортов растений, которые необходимо изучать в последующих опытах. К разведывательным опытам относятся и рекогносцировочные посевы для выявления степени изменения плодородия почвы на месте будущего опыта.

Краткосрочные опыты проводят в течение 3-10 лет, обычно на протяжении ротации севооборота. Краткосрочными являются также опыты, которые ведут студенты для написания дипломных работ или аспиранты во время подготовки диссертации.

Многолетние опыты проводят 11—50 лет в научно-исследовательских учреждениях или высших учебных заведениях на специально выделенных участках (стационарах).

Длительные опыты ведут более 50 лет в отдельных институтах, почвенно-климатических зонах, краях, республиках.

III. Подразделение опытов по числу факторов, которые изучают.

Фактор — это элемент агротехники или сорт, т. е. прием, которым исследователь воздействует на растения. По количеству изучаемых факторов выделяют однофакторные и многофакторные опыты. В однофакторных опытах изучают лишь один фактор (только различные площади питания, только сроки посева или же несколько сортов растений, но на одном агротехническом фоне).

Многофакторные опыты включают одновременно несколько факторов — различные площади питания, сроки посева, несколько сортов и т.п. Эти опыты более сложные, однако они дают больше информации и поэтому имеют большую научную и практическую ценность.

IV. Подразделение опытов по географическому охвату объектов исследований. По этому показателю различают географические (или массовые) и единичные опыты. Географические опыты проводят в различных почвенно-климатических зонах по единой методике, разработанной научным координационным центром. Эти центры координируют исследования, принимают отчеты, обобщают результаты исследований и дают рекомендации.

Единичные опыты проводят также в разных географических пунктах, но не по единой программе учреждения-координатора, а по схеме, созданной отдельными исследователями или их группами. Безусловно, более ценными являются географические опыты, которые позволяют обобщать результаты в пределах района, области, края и в отдельных почвенно-климатических зонах.

2. Использование опытов для решения конкретных задач

Мелкоделяночные опыты используют для изучения глубины заделки семян, площадей питания, норм посева, способов

внесения удобрений и т.д. В этих же опытах проводят первичную проверку совершенно новых агроприемов, доз гербицидов, инсектицидов, фунгицидов, в том числе избыточных доз, которые могут угнетать растения или приводить к их гибели.

Передвижение удобрений и пестицидов в почве, особенно после атмосферных осадков или орошения, лучше изучать также в мелкоделяночных опытах. Такие опыты ставят, если имеется мало семян новых сортов или гибридов, ограниченное количество новых пестицидов (для больших делянок их не хватает).

Соотношение сторон таких делянок может быть 1x2, 1x4, 2x2, 2x4, 2x5 м. Так как размеры делянок небольшие, то защитные полосы здесь не выделяют, а делают лишь узкие дорожки для прохода при осмотре делянок и проведении на них учетов и наблюдений. Число вариантов в мелкоделяночных опытах может быть либо незначительным (когда изучают узкий вопрос), либо большим, если надо сравнить много сортов новых культур или большой набор удобрений, пестицидов и т.п.

Повторность в этих опытах может колебаться от 3 до 8. Как правило, чем меньше площадь делянки, тем больше повторность.

Лабораторно-полевые опыты являются первым или вторым этапом полевых исследований после мелкоделяночных опытов. Выявив лучшие варианты в мелкоделяночных опытах, исследователь проверяет их в лабораторно-полевых экспериментах. Эти исследования можно проводить и без предварительной проверки на малых делянках, в частности при изучении вопросов с использованием механизации.

Основная цель лабораторно-полевых опытов — выявить взаимосвязь между растением и средой. Характерная особенность этих исследований заключается в том, что в них кроме многочисленных учетов и наблюдений в поле проводят всесторонние лабораторные исследования — химические анализы растений, почвы, структурный анализ урожая.

Лабораторно-полевые опыты чаще бывают многофакторными. Число вариантов в них может составлять 20—30 и более. Поскольку площадь опытных делянок в лабораторно-полевых опытах небольшая (11—50 м²), эти опыты проводят в 5—6-кратной повторности.

В полевых опытах изучают действия факторов жизни и

условий агротехники на урожай растений и его качество. Главная задача полевых опытов — выявление не только лучших, эффективных вариантов, но и причин повышения или снижения урожая и его качества в зависимости от условий выращивания.

В условиях, близких к производственным, полевые опыты проводят с максимально возможной механизацией агротехнических приемов. Площади опытных делянок и их защитные полосы должны быть такими, чтобы можно было использовать необходимые сельскохозяйственные машины и орудия. Для культур с небольшой площадью питания (зерновые злаки, одно- и многолетние травы) используют опытные делянки площадью 50—100 м², для пропашных культур — до 200 м². В зависимости от конкретных условий и от целей опыта размер опытных делянок в полевых опытах может увеличиваться или уменьшаться. Повторность в этих опытах, как правило, 4—5-кратная.

В мировом опытном деле наблюдается тенденция уменьшения размера опытных делянок при увеличении повторности. Это весьма эффективно при использовании малогабаритной техники.

Опыты-пробы проводят в производственных условиях, основная их цель — выявить агроприемы, которые можно использовать для совершенствования технологии выращивания определенных культур, улучшения их роста, повышения урожайности и качества продукции непосредственно на производственных посевах.

Если специалист хозяйства заметил отклонения в состоянии растений в каком-то месте посева, он выделяет здесь делянки — полосы определенной ширины. Например, на части посевов озимой пшеницы растения начали желтеть. Специалист выдвигает гипотезу о возможном недостатке азота, проводит подкормку азотными удобрениями и наблюдает за изменением цвета листьев, учитывает рост растений. Положительные результаты опытов-проб сразу же внедряются в производство в этом же хозяйстве.

Точные сравнительные опыты ставят в соответствии с требованиями методики полевых опытов в научных учреждениях или вузах. Площадь опытных делянок увеличивают до такого размера, чтобы можно было осуществить полную механизацию

всех производственных процессов. Для этого ширина учетной части опытной делянки должна равняться ширине захвата сеялки, комбайна или почвообрабатывающего агрегата.

Точные сравнительные опыты ставят с небольшим числом вариантов (порядка четырех) и в 3—4-кратной повторности. Если плодородие почвы варьирует в пространстве, повторность опытов увеличивают. Поскольку в точных сравнительных опытах число сопутствующих учетов и наблюдений за растениями и внешней средой ограничено, то особое внимание уделяют учету урожая и его качеству — главным показателям эффективности агроприемов.

Опыты по учету эффективности новых агроприемов используют как для проверки агроприемов, уже рекомендованных научными учреждениями, так и для их усовершенствования в конкретных условиях хозяйства. Для этого в поле севооборота, где внедряется новый агроприем, в различных местах выделяют 3—4 контрольные полосы шириной, равной ширине захвата агрегата каждая. Эти полосы выделяют так, чтобы они охватывали все разнообразие почвенного плодородия поля, где проводится опыт.

Возле каждой контрольной полосы выделяют опытные, на которых применяют и изучают новый агроприем (вариант).

Демонстрационные (показательные) опыты призваны пропагандировать достижения науки и передового опыта непосредственно на производстве. Их закладывают в передовых показательных хозяйствах для наглядной демонстрации преимуществ новых технологий или сортов и гибридов в конкретных условиях района, а также в научных учреждениях и вузах. Методика этих опытов аналогична методике полевых опытов в научных учреждениях.

Производственные опыты — это комплексные научные исследования, целью которых является изучение не отдельных элементов агротехники, а технологий в целом, организационно-хозяйственных мероприятий. Такие опыты проводят на территории бригад, отдельных хозяйств и даже их групп.

Производственные опыты закладывают, как правило, в передовых хозяйствах с определенной специализацией, где внедряют новые технологии выращивания культур. В этих же опытах изучают и экономическую эффективность внедряемых

технологий и систем земледелия.

Вегетационные опыты чаще всего используют в искусственных условиях, которые проводят в вегетационных домиках в специальных емкостях, называемых вегетационными сосудами. Эти сосуды могут быть стеклянными, металлическими, керамическими, деревянными. В качестве питательного субстрата чаще всего используют почву, иногда песок, гравий, редко — воду. В зависимости от питательного субстрата вегетационные опыты подразделяют на почвенные, песчаные, водные, водно-гравийные и аэропонные культуры. Здесь можно дозировать и контролировать почти все факторы жизни растений — питательный, водный, воздушный, температурный режимы, освещение и др.

В вегетационных опытах можно изучать: плодородие различных почв, их горизонтов, подпочв; влияние доз удобрений и соотношений элементов питания в них; рост растений в зависимости от температуры воздуха, питательного субстрата, его влажности и аэрации и т.п.

Все вегетационные опыты проводят на протяжении вегетационного периода, отсюда их название. В холодный период года вегетационные домики не отапливаются и опыты в них не проводят.

Опыты в теплицах можно проводить на протяжении всего года как с листопадными, так и с вечнозелеными растениями. В теплицах круглогодично изучают влияние температуры и влажности как питательного субстрата, так и воздуха, интенсивности освещения и его качества на растения. Их здесь выращивают не только в вегетационных сосудах, но и в коробах, а также на грядках, выделяя для этого часть теплицы с одинаковыми условиями внешней среды.

Опыты в фитотронах. Фитотрон — это камера или комплекс камер для выращивания растений в строго регулируемых с помощью автоматики искусственных условиях. Самым простым фитотроном является вегетационный шкаф — маленькая камера площадью около 1 м². Ухаживать за растениями можно через специальный люк в боковой стенке шкафа. Другой тип фитотрона — вегетационная камера — комната площадью около 5 м². Растения выращивают здесь на стеллажах, входят в

комнату через дверь. Наиболее совершенный вид фитотрона — станция искусственного климата — комплекс стационарных камер, размещенных в отдельном помещении. Здесь с успехом можно имитировать различный климат в соответствии с программой исследований и автоматически его регулировать.

Лизиметрические опыты занимают промежуточное положение между опытами, которые проводят в искусственных и в естественных условиях. Растения выращивают в очень больших сосудах в поле, недалеко от лабораторий, под открытым небом. Верхний край сосуда должен быть несколько выше уровня почвы, внизу сосуда есть отверстие, чтобы собирать промывные воды для последующих химических анализов.

Лизиметрические опыты проводят для изучения передвижения воды в корнеобитаемом слое почвы, водного баланса, передвижения питательных веществ и их вымывания, нарастания органической массы растений, испарения почвой влаги и т.д.

3. Специфика опытов по сортоиспытанию

Сортоиспытание — это изучение и оценка сортов и гибридов сельскохозяйственных культур в сравнении со стандартом (контрольным сортом). Различают станционное и государственное сортоиспытание.

Станционное сортоиспытание осуществляют в селекционно-опытных учреждениях, оценивая сорта и гибриды, выведенные в этом селекционном учреждении или в вузе. Цель станционного испытания — изучение и отбор лучших сортов и гибридов для передачи их в государственное сортоиспытание.

Государственное сортоиспытание — это заключительный этап селекционного процесса, после которого наиболее удачные сорта, гибриды, линии, популяции получают официальное признание как лучшие в сравнении со стандартами (контролями) по урожайности, качеству продукции, экономической эффективности, стойкости к болезням; вредителям, неблагоприятным условиям среды и т.д.

Современная госсортосеть включает: государственные сортоиспытательные участки на самостоятельном балансе; госсортоучастки на базе коллективных хозяйств или государствен-

ных сельскохозяйственных предприятий; государственные сортоиспытательные станции; лаборатории по оценке качества испытываемых сортов, инспекции по сортоиспытанию. Возглавляет всю сортосеть Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур.

Сортоиспытание ведут в несколько этапов: расширенное, расширенное конкурсное, конкурсное, производственное, технологического-экономического.

Расширенное испытание (изучение) проводят в коллекционных посевах научных учреждений и вузов при расширенном наборе сортов или гибридов по сокращенной программе. Основная задача при этом — выявить лучшие сорта и гибриды для включения их в расширенное конкурсное испытание на государственных сортоучастках или станциях.

Расширенное конкурсное сортоиспытание имеет основной задачей сократить сроки изучения сортов и гибридов, выявить реакцию каждого из них на изменяющиеся условия внешней среды, включая экстремальные. Важно также установить стабильность и уровень количественных и качественных показателей, поражаемость сортов болезнями и повреждаемость вредителями, в короткий срок определить ареал сорта и его пригодность для интенсивной технологии выращивания.

Конкурсное сортоиспытание — это дальнейшее всестороннее углубленное изучение и оценка новых сортов, которые выделялись в предыдущем расширенном наборе по урожайности, качеству продукции, устойчивости к болезням и вредителям, пригодности к новым технологиям возделывания, в сравнении со стандартами. В задачу конкурсного сортоиспытания входят также подготовка предложений о перспективности новых сортов для конкретной области или зоны и определение экономической целесообразности промышленного семеноводства.

Производственное сортоиспытание окончательно определяет пригодность сорта, выделившегося в конкурсном испытании, для новых технологий и определяет его экономическую эффективность. Эти испытания проводят либо на производстве, либо на государственных сортоиспытательных станциях с применением той технологии выращивания, которая принята в данном административном районе. Площадь посева каждого сорта

для зерновых и крупяных культур должна быть не менее 2 га.

Основной научно-производственной единицей сортоиспытания является сортоучасток. Его организуют на базе лучших хозяйств либо научных учреждений и вузов.

Технологическо-экономические испытания проводят для выявления сортов, лучше всего соответствующих энергосберегающим технологиям выращивания сельскохозяйственной продукции в полевых условиях. При этом изучают хранение и переработку, а также получение продуктов переработки новых сортов по сравнению со стандартом.

По рекомендации авторов сортов или по предложениям Госкомиссии испытание сортов проводят после разных предшественников, при различных нормах посева и т.п.

На некоторых сортоучастках или станциях изучают сортовую агротехнику (нормы высева семян, сроки и способы посева, удобрения, пестициды и др.). В таких учреждениях, как правило, есть два севооборота: один — для конкурсного испытания, другой — для изучения сортовой агротехники.

4. Требования, предъявляемые к опытам

При проведении опытов необходимо соблюдать следующие требования:

Принцип единственного логического различия. Согласно этому принципу (правилу) исследователь может изменять лишь изучаемый фактор при строгом постоянстве всех остальных условий опыта. Например, в однофакторном опыте изучают продуктивность подсолнечника в зависимости от густоты посева: 40, 50, 60 и 70 тыс. растений на 1 га. Согласно принципу единственного логического различия в этом опыте изменяют лишь густоту посева, остальные элементы агротехники (предшественник, удобрения, обработка почвы, сроки, глубина и способ посева, используемые агрегаты, уход за посевами, метод уборки) должны быть одинаковыми. Лишь при такой постановке опыта можно выявить, какая густота посева конкретного сорта наиболее эффективна в определенной почвенно-климатической зоне.

Если изучают новую технологию выращивания какой-

либо культуры, то в опыте изменяют лишь элементы, характерные для новой технологии, остальные оставляют без изменений. Однако новые технологии можно изучать с использованием не одного, а нескольких сортов. При этом опыт становится многофакторным и каждый из сортов изучают при тех технологиях, которые предусмотрены схемой опыта.

Правило целесообразности. Среди сортов озимой пшеницы и других злаков есть стойкие и нестойкие к полеганию. Поскольку полегание хлебов затрудняет их уборку и сильно снижает урожайность, поэтому, нестойкие к полеганию сорта высевают на таких агрофонах, которые не вызывают полегания.

Различные сорта злаковых культур имеют неодинаковую степень кушения. Если все изучаемые в опыте сорта высевают с одинаковой нормой, то ко времени сбора урожая посеvy одних сортов будут загущенными, а других — несколько изреженными. Сорта с высоким коэффициентом кушения высевают с меньшей нормой, чем сорта с низким коэффициентом кушения.

В соответствии с правилом целесообразности борьбу с болезнями проводят лишь на тех посевах, сортах или в тех вариантах опыта, где распространены болезни. Если среди испытываемых сортов или в отдельных вариантах опыта болезнь отсутствует, то применение фунгицидов нецелесообразно.

Типичность опыта. Опыты необходимо проводить в таких условиях, которые соответствовали бы природной зоне, почвам, особенностям выращиваемой культуры и сорту, уровню механизации, глубине залегания грунтовых вод, организационно-экономическим условиям и т.п.

В каждой почвенно-климатической зоне для опыта подбирают соответствующие зоне культуры с определенным соотношением их в структуре посевных площадей.

В процессе исследований необходимо также учитывать типичность погоды. Это значит, что в большинство лет исследований количество атмосферных осадков и равномерность их распределения, температура и влажность воздуха, их колебания должны быть близкими к многолетним нормам. Лишь при таких условиях можно сделать объективные выводы для конкретных условий земледелия.

Типичность — одно из основных условий опыта. Нарушение

правила типичности обесценивает опыт и приводит к тому, что его результаты не могут быть рекомендованы производству. Однако типичные условия могут быть пригодными для опыта не всегда.

Пригодность условий для опыта. Для проведения опыта на надежном методическом уровне необходимо соблюдать требование пригодности условий для опыта. Например, пригодна ли эта земельная площадь для опыта, где планируется изучать действие минеральных удобрений в дозах, значительно меньших, чем было внесено в предшествующий исследованиям год. Нет, непригодна, ибо на фоне высоких доз ранее внесенных удобрений нельзя изучать действие меньших доз без искажения результатов исследований.

Для изучения доз гербицидов непригоден участок, где в предшествующие годы их вносили в дозах, превышающих запланированные схемой опыта. Непригодна для изучения действия противозлаковых гербицидов площадь, где злаковые сорняки мало распространены. На посевах, стойких к определенным болезням сортов, не следует изучать эффективность различных фунгицидов и их доз.

Воспроизводимость результатов. В соответствии с этим требованием исследователь, повторяя опыт во времени по идентичной методике и в аналогичных условиях, должен получить такие же результаты, как и в предыдущих опытах. Воспроизводимость результатов важна для проверки достоверности полученных ранее данных и уверенного внедрения лучших вариантов в производство.

В годы с разными погодными условиями, особенно по количеству осадков, температуре и влажности воздуха, урожайность и качество продукции в опытах могут меняться.

Введение дополнительных вариантов и контролей. Исследуя эффективность добавок микроэлементов к минеральным удобрениям (например, марганца к суперфосфату), кроме вариантов «без суперфосфата» и «марганизированный суперфосфат» необходимо ввести вариант «суперфосфат обычный» (т.е. без марганца). Для изучения чистого действия марганца вводят еще один вариант — «марганец» в дозе, которую добавляют к марганизированному суперфосфату. Аналогично составляют схемы в опытах с изучением новых форм удобрений, вводя дополни-

тельные варианты.

Чистый контроль обязательно вводят в опытах, где изучают действие фунгицидов, инсектицидов и других препаратов по защите растений, для обоснования целесообразности применения тех или иных пестицидов против конкретных болезней и вредителей.

Проведение исследований на перспективных сортах. Все опыты рекомендуется проводить, как правило, с районированными сортами. Длительность исследований может составлять 3—5 лет, а в опытах с многопольными севооборотами она обычно равна количеству полей севооборота. За это время некоторые районированные сорта могут быть заменены новыми, более перспективными, поэтому выводы, сделанные относительно уже снятых с производства сортов, окажутся малопригодными. Следовательно, опыты необходимо проводить на перспективных сортах. Для выявления перспективных сортов перед постановкой опыта исследователь обычно консультируется со специалистами госсортоучастков.

Тщательное ведение документации. Всю научную документацию ведут с соблюдением определенных правил: своевременность записей, полнота сведений об опыте, однотипность записей в динамике вегетационного периода и по годам, достоверность и точность.

Документацию можно подразделить на основную и дополнительную. К основной относятся полевой журнал (дневник научного работника), главная книга опыта, рабочая программа и отчет о научно-исследовательской работе; к дополнительной — лабораторный журнал, рабочая тетрадь, таблицы разных форм для всесторонних анализов, ленты самописцев и т.п.

В полевой журнал записывают место проведения опыта (область, район, хозяйство, севооборот, номер поля); схему опыта; представляют схематический план опыта с выделением повторений, указанием места каждого варианта; дают чертеж опытной делянки с указанием ширины и длины учетной площади делянки, ширины продольных и поперечных защитных полос, площадей делянки и ее учетной части. Здесь же описывают условия проведения опыта: почву, рельеф, предшественники, сроки внесения и дозы удобрений, нормы высева семян и их ка-

чество, сроки посева, состояние всходов. Описывают уход за посевами, методику всех учетов и наблюдений, фиксируют нарушения методики исследований и технологии выращивания.

Главная книга опыта отличается от полевого журнала тем, что ведется только в лаборатории. В нее переносят всю основную информацию из полевого журнала. В главной книге опыта излагают всю программу исследований: тема с научным обоснованием, методы исследований (общенаучные и специальные), рабочие гипотезы. В главной книге опыта приводят схему опыта с выделением контрольных вариантов, размеры опытных делянок, ширину защиток, представляют схему опыта в виде чертежа. Описывают методики учетов и наблюдений, указывают сроки проведения учетов и агротехнических работ, отбора образцов. Из полевого журнала переносят результаты всех учетов и наблюдений с основными статистическими показателями.

Рабочую программу составляют на весь период исследований, т. е. на несколько лет. Кроме того, на каждый год работы составляют годовые планы научно-исследовательской работы. Один из разделов такого плана — календарный план, где в хронологическом порядке указывают все работы и сроки их проведения на протяжении года.

Годовой отчет о научно-исследовательской работе. В тексте отчета приводят только средние арифметические данные каждого варианта опыта, а в приложении — данные по повторностям с соответствующей статистической обработкой. Главный раздел отчета — выводы и рекомендации производству. Для внедрения их в производство составляют специальные акты.

Дополнительной документацией опытов являются лабораторные журналы с таблицами для отдельных учетов, наблюдений, анализов растений и окружающей их среды (определение физических и химических свойств почвы, качества продукции, ее дегустационная оценка и т.п.).

Учет не только основных, но и сопутствующих показателей. Учет основных показателей — урожайности и качества продукции — дает возможность выявить лучшие и худшие варианты опыта, т.е. повышение или снижение урожая и его качества по сравнению с контролем. Например, содержание элементов питания в почве и степень их доступности растениям; дина-

мика влажности и аэрации почвы, от которых зависит усвоение растениями удобрений; динамика процессов роста растений и поглощения питательных элементов; химический состав продукции и т.п.

Без учета сопутствующих показателей опыта нельзя считать полноценными, так как невозможно полностью выявить причины эффективности изучаемых вариантов и сортов.

Необходимость определения достоверности разниц между вариантами.

Достоверность опыта определяют при сравнении расчетного критерия Фишера (фактического) с теоретическим. Если фактический критерий больше теоретического (его находят по таблицам), то делают вывод о статистической достоверности всего опыта. Это означает, что между некоторыми средними арифметическими отдельных вариантов опыта есть достоверная разница. Для выделения таких вариантов рассчитывают наименьшую существенную разность (НСР). Если разность между средними арифметическими любой пары вариантов будет большей, чем НСР, то делают вывод о достоверности различий на определенных уровнях доверительной вероятности (значимости).

Снижение ошибок и повышение точности опыта. Точность опыта — это степень близости его результатов к истинному значению.

Иногда исследователи в научных работах ограничиваются лишь расчетами НСР и не приводят значения относительных ошибок опыта. Отсутствие числового значения ошибок не позволяет сделать вывод о точности проведенного опыта. Точность опыта — это один из основных показателей качества опытной работы. Исследователь должен быть точным во всем, начиная с выравнивания плодородия почвы под опыт и заканчивая обобщением результатов исследований.

Систематические ошибки — это постоянное завышение или занижение результатов опыта под действием определенных факторов. Такими факторами могут быть закономерное изменение плодородия почвы в каком-то направлении, неисправность используемых в опыте приборов и т.п. Они являются односторонними и не могут взаимно погашаться.

Грубые ошибки — это просчеты, промахи в работе. Например, можно ошибиться при снятии показаний прибора, при записи. Иногда на опытных делянках путают этикетки, дважды вносят удобрения на какой-то делянке, не на ту глубину обрабатывают почву и т.д. Из-за грубых ошибок приходится браковать отдельные делянки, повторения или даже весь опыт.

Случайные ошибки обусловлены неизвестными, непредвиденными факторами и поэтому неизбежны. Они появляются под влиянием случайного варьирования плодородия почвы или урожайности самих растений. Такие ошибки могут завышать или занижать результаты исследований, т.е. они разнонаправленны. Случайные ошибки взаимно компенсируются, поэтому с увеличением числа наблюдений погрешности опыта уменьшаются. Методы математической статистики позволяют определить величины случайных ошибок и вычлениить их из общего варьирования экспериментальных данных.

Зависимости между показателями опыта. Объекты исследований — почва, растения, их органы — взаимосвязаны и зависят от комплекса условий внешней среды. Наиболее сложные связи существуют в биологических объектах (в частности, зависимость растений от условий среды). Практика научной работы показывает, что выявить связи между этими факторами лишь с помощью логического анализа почти невозможно. На помощь приходят методы математической статистики, в частности корреляционные и регрессионные анализы.

3. ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

1. Число вариантов и контролей в опыте.
2. Размер опытных делянок и ширина защитных полос.
3. Форма опытных делянок и их ориентация на местности.
4. Повторность и повторения в опытах.
5. Условия проведения опытов.
6. Пути повышения точности и достоверности опытов

Элементы методики опытов: число вариантов в схеме опыта, число контролей и их частота, размеры опытных делянок, ширина защитных полос, форма опытных делянок и их

ориентация на местности, повторность и повторение в опытах, размещение вариантов, учеты и наблюдения и др.

Для одного и того же опыта можно составить несколько методик, но для работы необходимо выбрать одну, наиболее целесообразную, на все годы проведения данного опыта. Правильный выбор элементов методики опыта — весьма ответственная задача.

1. Число вариантов и контролей в опыте

Варианты опыта могут быть количественными (дозы удобрений, нормы орошения, площади питания растений, глубина вспашки и т.п.) и качественными (сорта культур, типы почв, формы удобрений и др.). Подбирая варианты в схему опыта, исследователь должен обеспечить их оптимальное число для конкретной темы и условий опыта. Вариантов должно быть столько, чтобы по результатам полученных в этих вариантах урожаев можно было построить график, форма которого была бы близкой к параболе. Это значит, что среди количественных вариантов опыта должны быть градации изучаемого фактора, обеспечивающие отклонения урожаев от оптимального уровня в обе стороны.

Для построения параболы (кривой отклика) необходимо иметь как минимум 5 точек. Таким образом, в однофакторном опыте минимальное число вариантов равно 5. В опытах с качественными вариантами, например с сортами, число вариантов определяется наличием районированных и перспективных сортов и гибридов, т.е. их может быть несколько десятков. Иногда и число количественных вариантов бывает большим, особенно в многофакторных опытах.

Среди планируемых вариантов должны быть последовательно возрастающие дозы или нормы факторов, при которых урожай культуры должен откликаться как ростом, так и падением.

Например, при изучении на посевах зерновых 5-ти доз азотных удобрений (X) – N_{30} , N_{60} , N_{90} , N_{120} , N_{150} на фоне одинаковых доз фосфора и калия ($P_{60}K_{60}$) урожайность культуры (Y) должна иметь вид параболы.

На земельных площадях, где проводят опыты, плодородие почвы может варьировать в разной степени. Чем больше площадь под опытом, тем больше это варьирование. Таким образом, увеличение числа вариантов приведет к росту площади под опытом и увеличению варьирования ее плодородия, что, в свою очередь, снизит точность опыта. На участках с сильным варьированием плодородия почвы число вариантов, как правило, сокращают до минимально возможного.

Число контролей и их частота. В схеме опыта может быть не один, а два контроля и больше. Например, при изучении доз органических удобрений в качестве контроля берут ту дозу, которую применяли в хозяйстве раньше, до постановки данного опыта, — это так называемый производственный контроль. Второй контрольный вариант — без органических удобрений, его чаще всего используют для научных целей.

Если дозы минеральных удобрений изучают на фоне органических удобрений, то здесь возможно наличие трех контролей: 1) дозы минеральных удобрений, используемые в хозяйстве (производственный контроль); 2) без минеральных удобрений; 3) органические удобрения без минеральных (агрофон).

При изучении доз гербицидов также используют три контроля: 1) доза гербицида, применявшаяся в хозяйстве до постановки данного опыта; 2) без гербицида, но с механической борьбой с сорняками; 3) без механической борьбы с сорняками.

В опытах с изучением доз пестицидов одним из контролей служит доза, применявшаяся в хозяйстве до проведения опыта. Второй контроль — вариант без пестицида (он нужен для того, чтобы знать степень распространения той или иной болезни или вредителя без применения фунгицида или инсектицида).

В опытах по сортоиспытанию в качестве контрольного сорта (стандарта) берут не только районированные, но и перспективные сорта.

Весьма важный элемент опыта — частота контролей. Иногда некоторые делянки выпадают из опыта по случайным причинам — заиливание, наезды транспорта, потравы, хищения. При выпадении одного из вариантов или сорта опыт обедняется именно этим вариантом, сортом. Но когда выпадают делянки с контрольными вариантами (стандартами), а число оставшихся

делянок недостаточно для вычисления точных значений средних арифметических, то обесценивается весь опыт. Для обеспечения надежной точности опыта число контрольных делянок должно быть больше, чем повторений в опыте. Если в опыте много вариантов, то на каждые 8—10 вариантов выделяют контрольные делянки (стандарты). На частоту контрольных делянок влияет и пестрота плодородия почвы опытного участка — чем она больше, тем больше должна быть частота контролей.

2. Размер опытных делянок и ширина защитных полос

Опытная делянка состоит из учетной и защитной частей. Размер опытных делянок обычно указывают по их учетной части, т.е. без защитных полос. Площадь делянок зависит от вида опыта: в микроопытах — менее 1 м^2 , в мелкоделяночных — 1—10, в лабораторно-полевых — 10—50, в полевых — 50—200 м^2 . В производственных условиях площади делянок могут составлять от 2000 м^2 до 1—2 га.

На размер делянок также влияет тема исследований. В полевых опытах, где изучают площади питания, сроки посева, глубину заделки семян, используют делянки размером 50—100 м^2 , а при изучении вопросов обработки почвы (с полной механизацией всех процессов) размер делянки увеличивают до 200—400 м^2 .

Изучаемая в опыте культура также влияет на выбор размера делянок. Чем больше растений произрастает на единице площади, тем меньше размер опытной делянки, и наоборот. Например, для зерновых колосовых культур, крупяных, зернобобовых, многолетних и однолетних трав, льна и им подобных используют делянки площадью 20—30 м^2 . Полевые опыты с подсолнечником, кукурузой, сахарной свеклой, картофелем и другими пропашными культурами ставят на делянке площадью 75—150 м^2 .

Размер опытных делянок тесно связан с числом повторностей: чем больше повторность в опыте, тем меньше размер опытных делянок, при уменьшении повторностей площадь делянок увеличивают. Если при 3—4-кратной повторности полевого опыта со злаковыми колосовыми культурами размер опытных делянок составляет 50—75 м^2 то при 5—6-кратной повтор-

ности его уменьшают до 20—30 м².

Число изучаемых в опыте вариантов также влияет на размер опытных делянок. При большом числе вариантов увеличивается общая площадь опыта, а с ней и варьирование плодородия почвы, что снижает точность опыта. В таком случае целесообразно уменьшить размер делянок, но увеличить повторность, что приведет к уменьшению общей площади под опытом, уменьшению территориального варьирования плодородия почвы и повышению точности.

На размер опытной делянки влияет также ширина ее учетной части, которая определенным образом связана с шириной почвообрабатывающих, посевных и уборочных агрегатов. Для максимальной механизации работ в лабораторно-полевых и полевых опытах желательнее использовать малогабаритную технику, ширину захвата которой согласовывают с шириной учетной части делянки. При отсутствии такой техники применяют обычные машины и орудия, но с минимальной шириной захвата.

Форма делянок влияет на общую их площадь. При удлиненных делянках с соотношением сторон 2х50 м (площадь 100 м²) и при ширине защитных полос 1 м защитки займут 108 м² (50+50+4+4), а общая площадь делянки составит 208 м². При квадратной форме делянки (10х10 м) на защитные полосы приходится 44 м² (20+24), а общая площадь делянки составит 144 м², т. е. на 64 м² меньше, чем в первом варианте.

Ширина защитных полос. Для предотвращения влияния растений соседних делянок, т.е. одних вариантов на другие, между делянками предусматривают защитные полосы, или ряды, — продольные и поперечные. Их ширина зависит от степени влияния того или иного агроприема или сорта, поэтому в разных опытах защитные полосы (защитки) имеют различную ширину. Чем сильнее влияние агроприемов или сортов, тем шире защитки. В пределах одного опыта они должны быть одинаковыми. Максимальную ширину защитной полосы рассчитывают на наиболее сильнодействующий вариант опыта. Такими вариантами могут быть наибольшие дозы удобрений или нормы полива, более глубокая обработка почвы и т.п.

В опытах с удобрениями ширина продольных защитных полос зависит от техники внесения минеральных удобрений:

при их высеве через сошники сеялки — 50 см, при рассеивании вручную — 1 м. При запахивании органических удобрений, которые могут передвигаться орудиями обработки на соседние делянки, ширина продольных защитных полос должна быть не менее 1,5 м. С. В. Щерба рекомендует для краткосрочных опытов с удобрениями ширину защитки 0,75 м, а для многолетних — не менее 1 м.

В опытах с пропашными культурами на продольные защитки нужно отводить следующее минимальное число рядков: с сахарной свеклой 2—3, с подсолнечником 1—2 и с кукурузой 3—4.

Широкими должны быть продольные защитки в опытах с опрыскиванием посевов пестицидами, чтобы их раствор не сдувало ветром на соседние делянки. Для работы в безветренную погоду ширина таких защиток должна составлять не менее 2 м.

В опытах, где изучают глубину обработки почвы, ширина защитной полосы должна быть равной ширине захвата однодвух корпусов плуга или другого орудия.

При изучении норм высева семян и способов посева злаковых культур на защитные полосы отводят определенное количество рядков: при узкорядном посеве 3—4, а при обычном 2—3.

Если в опыте изучают сорта, на защитные полосы оставляют 2 ряда или во время посева перекрывают крайние сошники сеялки, чтобы отделить один сорт от другого полосой без растений.

Поперечные защитные полосы должны быть такими, чтобы при необходимости на них можно было разворачивать используемые машины и орудия механизации. На этих защитках иногда предусматривают отбор почвенных и растительных образцов (проб) для лабораторных анализов, поэтому такие защитки называют лабораторными полосами.

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

При изучении сортов зерновых колосовых культур иногда пользуются однорядными делянками без защитных полос, но с широкими междурядьями: для опытов с яровыми культурами — 30, с озимыми — 40—50 см.

Во всех остальных исследованиях защитные полосы необ-

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

3. Форма опытных делянок и их ориентация на местности

Опытные делянки имеют прямоугольную форму с разным соотношением сторон. Делянки условно считают короткими, если их длина в 2—10 раз больше ширины, и длинными, когда длина делянки превышает ее ширину более чем в 10 раз.

Точность исследований при удлинённых делянках значительно выше, поэтому удлинённые делянки более эффективны.

Удлинённые делянки эффективны лишь тогда, когда они ориентированы длинной стороной вдоль основного изменения (варьирования) плодородия почвы, чаще всего вдоль склона.

Близкими к квадратной форме должны быть делянки в опытах, где изучают защиту растений от вредителей, болезней, сорных растений с опрыскиванием посевов растворами пестицидов. На узких делянках ветер может сносить растворы пестицидов на соседние варианты. Кроме того, из центра квадратной делянки меньше переселяется вредителей и переносится болезней, чем из делянок удлинённой формы. Квадратная форма делянок будет более эффективной там, где смежные варианты сильно влияют один на другой или когда опыт размещается методом латинского квадрата.

Оптимальное соотношение длины и ширины делянки зависит и от размера самой делянки: для делянок площадью 20—200 м² лучшим соотношением является 5—10, а для делянок большего размера — 10—20 (Б. А. Доспехов, 1985).

Ориентацию делянок длинной стороной проводят с учетом направления, в котором изменяются плодородие почвы и урожайность опытной культуры. Таким направлением является прежде всего склон, поэтому опытные делянки размещают длинной стороной вдоль склона, от начала до конца. При этом длина делянок должна быть равна длине склона, чтобы охватить всю пестроту плодородия.

Возле опытных участков могут быть лесополосы, ветро-

ломные линии, на различном расстоянии от которых урожайность изучаемых культур будет разной. Если делянки разместить длинной стороной вдоль лесополосы или ветроломной линии, то рядом с лесополосой урожай будет низким, а по мере удаления от нее начнет повышаться. Аналогичная закономерность наблюдается, если опытный участок находится вблизи грунтовых дорог, высоких изгородей, поэтому в таких случаях делянки размещают перпендикулярно к лесополосам и т.п. При этом все варианты опыта будут находиться в одинаковых условиях и правило единственного логического различия не будет нарушено. Делянки ориентируют длинной стороной вдоль направления господствующих ветров.

На земельном участке, где планируется опыт, могут встречаться места с повышенным плодородием почвы (например, там, где временно хранили органические удобрения, вдоль дороги). Такие места называют связанными делянками и опытные делянки размещают не вдоль, а перпендикулярно к ним, чтобы воздействие связанной делянки было одинаковым на все варианты опыта. Однако лучше всего участки с повышенным или пониженным плодородием (например, «блюдца») из опыта исключить или занять их дорогами. Правильная ориентация опытных делянок на местности способствует уменьшению ошибок, повышению достоверности и точности опытов.

Все повторения должны быть если не квадратными, то близкими к квадрату, иметь одинаковые размеры и соотношения сторон. Это возможно, если отношение длины делянок к их ширине равно числу вариантов опыта.

4. Повторность и повторения в опытах

Для того чтобы опыты были методически достоверными и точными, их повторяют в пространстве и во времени.

Повторность в пространстве — это число делянок с одинаковыми вариантами в опыте. Повторность во времени — это число краткосрочных опытов в искусственных условиях (в лабораториях, теплицах, фитотронах) на протяжении одного года (нескольких лет в полевых условиях).

Почти все известные методисты (Н. Ф. Деревницкий, А. А.

Кудрявцева, П. Г. Найдин, Б. Н. Рожественский, А. С. Молостов, Б. А. Доспехов и др.) считают, что увеличение повторности в пространстве ведет к снижению относительной ошибки опыта ($s\%$) и, следовательно, к повышению его точности.

С уменьшением варьирования плодородия почвы относительные ошибки опыта снижаются и повышается точность опыта, причем увеличение повторности повышает точность опыта при любом варьировании плодородия почвы.

Повторность зависит также от соотношения длины и ширины делянки. Длинные делянки обеспечивают более высокую точность опыта, повторность при этом может быть меньше, чем в опыте с короткими делянками.

Например, одинаковую точность гарантируют опыты с таким соотношением сторон: 1:2 — при повторности, равной 6; соотношением 1:3 — при 4; соотношением 1:5 — при повторности, равной 3. Для квадратных делянок такая же точность опыта может быть достигнута при значении повторности 8. Таким образом, за счет удлиненных делянок повторность в опыте можно уменьшить с 8 до 3—4.

С увеличением площади опытных делянок с 50 до 250 м² ошибку опыта можно снизить с 8,3 до 5,6 %, а при увеличении повторности с 2 до 10 — с 7,1 до 3,2 %, т. е. более чем в 2,2 раза.

При увеличении размера опытных делянок, числа вариантов и повторности значительно увеличивается площадь под опытом. При этом возрастает варьирование плодородия почвы, что приводит к увеличению ошибки опыта.

В опытах, размещенных методом латинского квадрата, число вариантов ограничивается четырьмя—семью, а повторность, как правило, равна числу вариантов. При размещении опытов методом латинского прямоугольника число вариантов должно быть кратным повторности. Так, в опыте с 12 вариантами может быть 3, 4 или 6 повторностей, а с 15 вариантами — 3 или 5.

5. Условия проведения опытов

В агрономии проводят в основном полевые опыты, где сильнодействующими на урожай условиями являются климат и погода, особенно атмосферные осадки.

Количество осадков может меняться не только во времени, т. е. по годам, но и в пространстве. Иногда дождь проходит полосой, захватывая только часть опытного участка, особенно если опыт занимает большую площадь. Изменяются в пространстве температура воздуха и почвы, влажность воздуха. Даже на пологих склонах ($1-2^\circ$) разница между прямой солнечной радиацией, поступающей на южные и северные склоны, весной составляет 30 %, а осенью - 40 %. В средней полосе России южные склоны летом на 10-30 % теплее, чем ровные участки. За период вегетации сумма температур на пологих южных склонах на 120, а на крутых - на 300 °С превышает сумму температур на ровных местах. Продолжительность безморозного периода на южных склонах увеличивается на 30 дней и более. Для соблюдения принципа единственного различия важно устранить территориальное варьирование условий погоды.

Значительные колебания урожайности сельскохозяйственных культур наблюдаются во времени, т. е. по годам.

С неодинаковыми урожаями разные культуры выносят из почвы неодинаковое количество питательных элементов, что также влияет на варьирование плодородия почвы по годам. На плодородие почвы влияет и количество корневых остатков после уборки урожая разных культур. Больше всего корневых остатков у многолетних трав, это один из факторов повышения плодородия почвы. В отдельные годы данный показатель может изменяться в 1,5—2,0 раза. Меньше всего корневых остатков у ячменя и гороха. Это необходимо учитывать при закладке опытов в полях севооборотов после разных предшественников и в разных погодных условиях.

6. Пути повышения точности и достоверности опытов

Для повышения достоверности опытов необходимо обеспечить минимальное варьирование плодородия почвы и по возможности предотвратить ошибки, которые могут возникать в исследованиях.

Встречаются ошибки, которые не могут компенсироваться повторностью, их нельзя вычленить из общего варьирования при статистической обработке данных. Предотвратить их можно

только при правильной закладке и проведении опыта. Такие ошибки называют односторонними, они возникают из-за того, что для части вариантов создаются более благоприятные условия, чем для остальных, т. е. нарушается принцип единственного логического различия в опыте.

Причины односторонних ошибок: различные условия выращивания и подготовки посевного и посадочного материала; нарушения при посеве и посадке культур; неправильная густота насаждения растений; влияние соседних растений и края опыта; нарушения при уходе за опытом и уборкой урожая.

Условия выращивания семян. Семена одного и того же сорта, выращенные в разных районах одной и той же области, обеспечивают неодинаковую урожайность не только в первый год посева, но и в последующие годы. Подобные различия начинают сглаживаться лишь после третьей генерации. Таким образом, семена, используемые для одного и того же опыта, необходимо выращивать в одной и той же почвенно-климатической зоне, области, районе, в одном и том же хозяйстве, на одном поле с хорошо выравненным плодородием почвы и при одинаковой агротехнике. Это правило особенно важно выдерживать в сортоиспытании сельскохозяйственных культур, чтобы избежать односторонних ошибок в опытах. Для сортоиспытаний необходимо брать семена, выращенные на специальной семенной делянке.

Подготовка семян к посеву. У разных сортов семена имеют разную величину, форму и массу. Если их сортировать при одной и той же настройке сортировальной машины, то процент отхода у разных сортов будет разным, что повлияет на урожайность. Сортирование проводят при разной установке в соответствии с сортом, но на одной и той же машине.

Термическое обеззараживание семян разных сортов надо проводить с таким расчетом, чтобы после данной операции процент всхожих семян у всех сортов был одинаковым, это предотвратит возникновение односторонних ошибок в опыте.

После влажного протравливания все семена необходимо просушить до одинакового состояния, иначе их всхожесть будет различной, что повлияет на точность опыта.

Посев. Много ошибок опыта связано с посевом. Обычно

посев проводят поперек делянок и в кратчайший срок. Если же в опыте изучают сроки, глубину посева и нормы высева, то посев проводят вдоль делянок. При большой схеме опыта, когда в нем много вариантов и большая повторность, посев длится 2—3 дня, а если он прерывается из-за погодных условий — то и дольше. Разница в сроках посева может существенно снизить точность опыта. Для предотвращения этих ошибок посев проводят по каждому повторению. Если семена на каком-то повторении будут посеяны позже, то в его пределах варьирование будет минимальным, от чего точность не снизится. Даже когда разница между сроками посева достигает 4—6 ч, то разница в урожайности между вариантами составляет около 0,2 т/га.

В опытах по испытанию сортов бывают случаи, когда посев прерывается дождем на несколько дней. После дождя с возобновлением работ для контроля высевают 3—5 сортов, уже посеянных до дождя.

Причиной снижения точности опыта может быть также различная глубина заделки семян. Перед посевом необходимо тщательно настроить сеялку, проверить ее работу на производственных массивах и только после этого использовать в опыте.

Каждый сорт имеет оптимальную норму высева, рекомендованную научными учреждениями. Ее и нужно применять в опыте. Нарушение этого правила не позволяет раскрыть потенциальные возможности сорта при испытании.

Взаимное влияние растений на соседних делянках. Лучше развитые растения или сорта на одних делянках могут угнетать соседние, хуже развитые. Только по этой причине разница урожайности сахарной свеклы может составить 12 %, озимой пшеницы — 40, овса — 16, кукурузы — 34 %. Для предотвращения этих ошибок в опытах используют защитные полосы.

В сортоиспытании делянки разграничивают одну от другой дорожками. Чем шире эти дорожки (при узких делянках), тем больше может быть ошибка в опытах. Так, если ширина дорожки 40 см, а ширина засеянной делянки 2 м, то 1/6 часть площади опыта будет незасеянной. В таком опыте за счет большей площади питания крайних рядов урожайность будет завышена. Для устранения подобных ошибок при изучении сортов необходимо выделять защитные полосы, а между ними оставлять дорожки.

Уход за растениями. Для точности опытов важно не допускать ошибок в процессе проведения операций по уходу за растениями. Так, если при прорывке сахарной свеклы оставлять растения только с двумя листочками, то масса корня будет составлять 226 г, с четырьмя — 580, с шестью — 814 г. Для уменьшения ошибок необходимо оставлять на опытных делянках сильные и средние растения в одинаковом соотношении, а не просто одинаковое число растений. Перенесение работ по уходу за растениями в некоторых вариантах на другой день приводит к изменению урожайности и снижению достоверности опыта. Все агроприемы необходимо выполнять на протяжении нескольких часов и с одинаковым качеством во всех вариантах.

Для того чтобы обеспечить одинаковое качество ручных работ (например, прорывки растений) на всех делянках, работы выполняют поперек делянок, причем каждый работник должен обработать свою часть делянки до конца. При уходе за растениями вдоль рядков работы выполняют одни и те же люди на отдельных повторениях, делянку можно также разделить по длине между работниками.

В разных вариантах урожай может созревать в разные сроки, и убирать его надо по мере созревания. Одновременная уборка при разной спелости продукции — грубая методическая ошибка. Техника уборки должна быть одинаковой во всех вариантах опыта и повторениях. Молотилки или комбайны настраивают так, чтобы зерно каждого сорта полностью вымолачивалось из растений. Если растительная масса влажная, для полного обмолота зерна уменьшают ее подачу в молотильный аппарат, снижая скорость комбайна. При этом регулируют и режим работы веялки.

4. РАЗМЕЩЕНИЕ ВАРИАНТОВ В ОПЫТАХ

1. Классификация методов размещения вариантов.
2. Случайное (рендомизированное) размещение.
3. Стандартное и систематическое размещение.

1. Классификация методов размещения вариантов

Метод размещения — это чередование вариантов на опытных делянках в зависимости от задач и конкретных условий внешней среды (формы участка, варьирования плодородия почвы, направления склона и др.). Выделяют три основные группы методов: случайные, систематические, стандартные (рис. 2).

При использовании случайного метода (или рендомизации) место вариантов определяют по таблице случайных чисел или по жребию. Случайный метод размещения имеет несколько разновидностей: рендомизированные повторения, полная рендомизация, латинский квадрат, латинский прямоугольник, расщепленные делянки, метод смешивания.

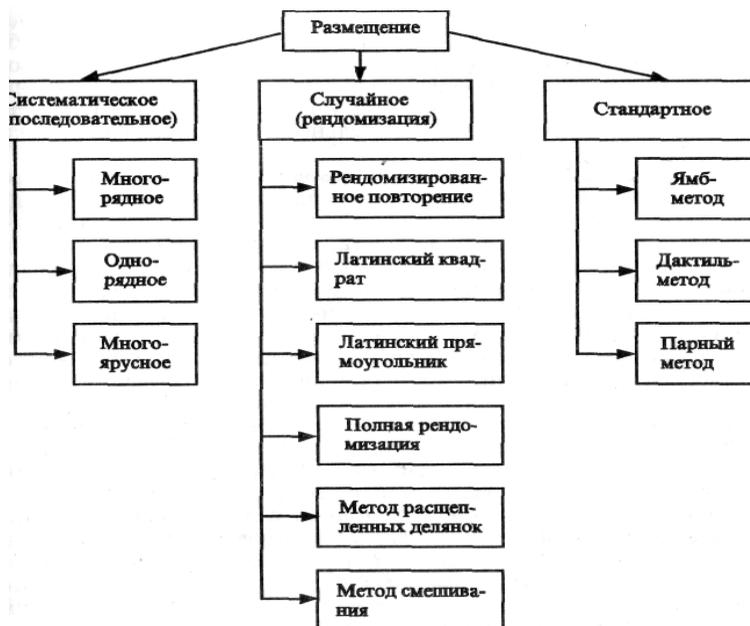


Рис. 2. Классификация методов размещения вариантов в опытах

Систематический метод предполагает размещение вариантов в последовательности, записанной в схеме опыта, поэтому

его называют еще последовательным. Его разновидности — многорядное, одно- и многоярусное размещение.

При стандартном методе возле каждого варианта (сорта) размещается контрольный (стандартный) вариант (сорт). Если стандарт размещается через одну делянку, то это ямб-метод, если через две — дактиль-метод. Если опытные делянки делят попереk на маленькие деляночки (парцеллы), то это парный метод П. Н. Константинова.

На опытных участках имеет место случайное и закономерное варьирование плодородия почвы. Если эти изменения не учитывать, то размещаемые варианты окажутся в разных условиях. При этом будет нарушен один из основных принципов опытного дела — принцип единственного логического различия, что обесценит весь опыт.

Согласно теории вероятности каждый из вариантов опыта, размещенный не систематически, а случайно, имеет одинаковые шансы попасть в лучшие, средние или худшие условия опыта.

Случайный метод размещения вариантов (метод рендомизации) имеет ряд преимуществ перед систематическим (последовательным) размещением:

1. исключается субъективный подход к размещению вариантов в опытах, и исследователь получает объективные результаты; сводится к минимуму влияние закономерного варьирования плодородия почвы и других условий выращивания растений. Выдерживается правило единственного логического различия, ибо согласно теории вероятностей рендомизация ставит все варианты опыта в равные условия; рендомизация и дисперсионный анализ, используемый во всех отраслях науки, взаимосвязаны и базируются на теории вероятностей. Размещая варианты рендомизированно, исследователь имеет все основания использовать для обработки результатов дисперсионный анализ. Применение дисперсионного анализа для обработки результатов опыта, где варианты размещены систематически, — методическая ошибка;

2. рендомизация является основой построения современных схем опытов, особенно многофакторных, которые дают возможность оценить не только действия, но и взаимодействия изучаемых факторов;

3. при рендомизации можно отказаться от рекогносцировочного посева (например, в производственных условиях, где рекогносцировочные посевы не всегда применяют);

4. эффективность рендомизации доказана не только логически, но и математически (Б. А. Доспехов, 1979).

При систематическом методе варианты размещают одинаково во всех повторениях, что позволяет легче их находить. Но это достоинство мнимое, ибо варианты всегда можно определить по схематическому плану опыта.

Каждый метод размещения вариантов должен быть по возможности прост, обеспечивать проведение опыта с минимальными ошибками независимо от вероятных случайностей (порча некоторых растений, их гибель от вредителей и болезней и т.д.), а также гибкость опыта, т.е. возможность введения новых вариантов вместо старых, уже не представляющих интереса. Кроме метода рендомизации, наиболее соответствующего современным требованиям, в некоторых случаях можно пользоваться стандартным методом.

2. Случайное (рендомизированное) размещение

Этот метод в течение многих лет используют во всех развитых странах мира, расширяется его применение и в России. Выбор конкретного метода при рендомизированном размещении зависит от условий варьирования плодородия почвы.

Рендомизированные повторения — случайное размещение всех вариантов опыта в пределах отдельных повторений. Метод используется, если в пределах повторения (блока) варьирование плодородия почвы минимальное, а между повторениями (блоками) оно колеблется в большей мере. Если различия между блоками отсутствуют, данный метод малоэффективен. Незначительное варьирование внутри блоков может быть при небольшом числе вариантов и небольшой площади опытных делянок.

На рисунке 3 показано размещение шести вариантов ($l = 6$) в четырех повторениях ($n = 4$) по таблице случайных чисел. Опытные делянки длинной стороной ориентированы вдоль склона, в направлении которого изменяется и плодородие почвы.

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

Рис. 3. Размещение вариантов методом рендомизированных повторений

Метод рендомизированных повторений является ортогональным, т.е. в каждом повторении есть полный набор вариантов и каждый из них встречается в повторении лишь один раз. Именно это придает методу наибольшую стойкость и гибкость. Стойкость рендомизированных повторений состоит в том, что этот метод позволяет исключать из опыта отдельные варианты при их выпадении по различным причинам. При этом ортогональность сохраняется, хотя такие выпадения несколько обесценивают опыт. Гибкость метода заключается в возможности вводить новые варианты при необходимости.

Метод рендомизированных латинских квадратов — это размещение вариантов таким образом, чтобы в каждой строчке и в каждом столбике присутствовали все варианты в соответствии со схемой опыта и ни один из них не повторялся (рис. 4).

	Столбцы			
	2	4	1	3
Ряды	1	3	2	4
	4	1	3	2
	3	2	4	1

Рис. 4. Размещение вариантов методом латинского квадрата 4x4

Метод латинского квадрата целесообразно использовать в таких условиях, когда плодородие почвы изменяется в двух взаимно перпендикулярных направлениях (например, в одном

направлении — вдоль склона, а перпендикулярно — под влиянием лесополосы или грунтовой дорожки).

При использовании метода латинского квадрата форма опытных делянок должна быть квадратной или близкой к квадрату, число повторностей должно быть равно числу вариантов, число вариантов — от 4 до 8. При меньшем числе вариантов значительно снижается точность опыта из-за уменьшения числа степеней свободы. При числе вариантов более 8 нужно иметь такое же число повторностей, что намного увеличивает общее число делянок в опыте, делает опыт громоздким для учетов и наблюдений.

Так как ни один из вариантов не повторяется ни в крайних столбиках, ни в крайних рядах, то при соседстве опыта с лесополосами, дорогами, изгородями все варианты опыта находятся в одинаковых условиях.

Рендомизированный латинский прямоугольник — случайное размещение всех вариантов в пределах каждого ряда и каждого отдельного блока (рис. 5).

<i>Ряды</i>	<i>I</i>	4	9	11	1	7	2	8	12	10	6	3	5
	<i>II</i>	1	5	2	6	10	12	4	3	7	11	9	8
	<i>III</i>	12	6	8	3	4	9	1	5	11	2	7	10
	<i>IV</i>	3	7	10	5	8	11	9	2	6	4	1	12
		<i>I</i>		<i>II</i>		<i>III</i>		<i>IV</i>					
		<i>Блоки (столбцы)</i>											

Рис. 5. Размещение вариантов методом латинского прямоугольника

Этот метод эффективен в том случае, если плодородие почвы изменяется не только в двух взаимно перпендикулярных направлениях, но и по диагонали. Условия метода латинского прямоугольника: число вариантов должно быть кратным числу повторностей, т.е. при 9 вариантах в опыте может быть 3 повторности, при 12 — 3 и 4, при 15 — 3 и 5; повторения организуются и по рядам, и по блокам, в пределах которых должен быть полный набор вариантов.

Полная рендомизация — рендомизированное размещение всех вариантов опыта без предварительного выделения повторений. Метод используют в тех случаях, когда индивидуальное варьирование растений превышает варьирование плодородия почвы (это характерно для многолетних растений, особенно древесных); когда число вариантов и повторностей в опыте невелико (3—4); когда размеры опытных делянок и площадь под опытом небольшие и варьирование плодородия почвы незначительное (рис. 6).

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

Рис. 6. Размещение вариантов методом полной рендомизации

Техника рендомизированного размещения вариантов в этом опыте такова. Подготовлено 12 жребиев (маленьких карточек из бумаги), — по числу делянок в опыте. На четырех карточках пишут цифру 1, на следующих четырех — 2 и еще на четырех — 3. Жребии смешивают и вытягивают один за другим, ставя на схематическом плане соответствующую цифру. При этом не в каждом из четырех столбцов (мнимых, не организованных повторений) есть все три варианта; если какой-то вариант в каком-то столбике отсутствует, то в другом он повторяется.

Преимущества метода полной рендомизации: критерий Фишера приобретает наибольшее значение по сравнению с другими методами, а это повышает статистическую достоверность опыта; варьирование между делянками одноименных вариантов определяется очень просто — вычислением стандартной ошибки; максимально увеличивается число степеней свободы для остаточного рассеивания, что способствует повышению точности опыта.

Метод рендомизированных расщепленных делянок — это размещение вариантов фактора первого порядка на основных делянках, а факторов второго и последующих порядков — на

субделянках, на которые расщепляют основные делянки. Этот метод применяют в следующих случаях: в много факторных опытах; тогда, когда основное внимание акцентируется преимущественно на взаимодействии факторов, а не на каждом в отдельности; когда необходимо ввести в опыт группу новых вариантов за счет расщепления площади основных делянок.

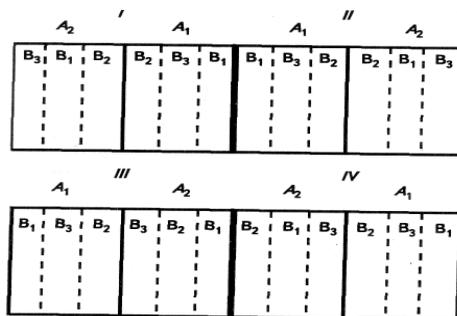


Рис. 7. Размещение вариантов двухфакторного опыта

На рисунке 6 показано размещение вариантов двухфакторного опыта, в котором изучают два сорта (A_1 и A_2) и три дозы удобрений (B_1 , B_2 , B_3) в четырех повторениях. Буквами А обозначены делянки первого порядка, В — второго порядка (субделянки). При сортоиспытании удобнее всего использовать следующее соподчинение делянок: делянки первого порядка — сорта; второго — способы обработки почвы; третьего — удобрения или пестициды.

Размещение трехфакторного опыта методом расщепленных делянок показано на рисунке 8.

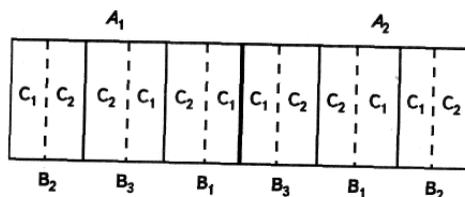


Рис. 8. Размещение вариантов трехфакторного опыта

Метод смешивания особенно эффективен в многофакторных опытах. Из рисунков 7 и 8 видно, что субделянки второго фактора (В) встречаются чаще, чем деланки первого фактора (А), а субделянки третьего фактора (С) — чаще предшествующих. Таким образом, каждый фактор последующего порядка контролируется в опыте значительно лучше предшествующего. Иногда, выходя из задач опыта, желательнее лучше проверить влияние факторов первого порядка, уделив меньше внимания факторам второго и третьего порядков, т.е. их взаимодействию. Для этого варианты повторений выделяют в отдельные блоки, что нарушает первичный порядок размещения вариантов, которые как будто смешиваются. Такое размещение вариантов называют методом смешивания.

В пределах блока каждую группу вариантов размещают рендомизированно. На рисунке 9 показано размещение трехфакторного опыта с двумя градациями, который включает 8 вариантов с удобрениями: без удобрений (0), N, P, K, NP, NK, PK, NPK (коды соответствуют по рис.). Факторами здесь являются азотные, фосфорные и калийные удобрения, которые изучают в двух градациях — 0 и 1. Закодируем варианты в схеме такими числами:

1 вариант	000	5 вариант	110
2 »	100	6 »	101
3 »	010	7 »	011
4 »	001	8 »	111

Рис. 9. Размещение вариантов трехфакторного опыта с двумя градациями

Метод смешивания особенно эффективен при увеличении числа градаций, когда необходимо использовать много вариантов.

3. Стандартное и систематическое размещение

Стандартный метод. Рядом с каждым опытным вариантом размещают контроль (стандарт). Метод весьма эффективен в тех случаях, когда плодородие почвы значительно варьирует, что характерно для дерново-подзолистых, солонцовых и других почв.

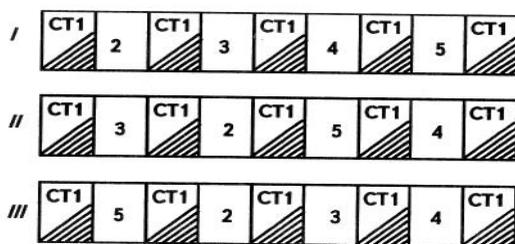


Рис. 10. Размещение вариантов ямб-методом

Например, в опыте 5 вариантов под номерами 1, 2, 3, 4, 5. Первый из них является контролем (стандартом). Разместим рендомизированно рядом с вариантами 2, 3, 4, 5 агротехнического опыта контроль, или стандарт, в каждом из трех повторений (рис. 10).

Такое размещение, когда стандарт расположен через один вариант (сорт), называют *ямб-методом*. При этом стандарт занимает половину опытного участка при ограниченной площади — это один из недостатков ямб-метода.

Для сокращения площади под стандартными вариантами используют *дактиль-метод*, в котором стандарт размещают через две делянки и стандарт занимает третью часть площади опыта (рис. 11).

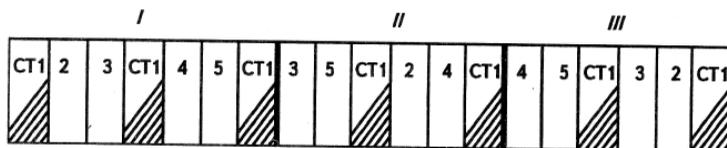


Рис. 11. Размещение вариантов дактиль-методом

В ямб-методе и в дактиль-методе варианты или сорта размещают рендомизированно, опыт должен начинаться стандартом и им же заканчиваться. При очень сильном варьировании плодородия почвы можно использовать парный метод Константинова, когда все делянки — стандарта и изучаемых сортов —

делят поперек на парцеллы, т.е. маленькие деляночки. Если на какой-либо парцелле стандарта урожайность очень сильно отличается от остальных, то ее исключают вместе с соседней парцеллой изучаемого сорта.

Систематический (последовательный) метод. При систематическом методе варианты размещаются в последовательности, указанной в схеме опыта, или же по другой системе, но во всех повторениях одинаково (рис. 12). Этот метод может быть эффективным, если нет закономерного (систематического) изменения плодородия почвы. Однако, как показал Б. А. Доспехов (1985), виды варьирования изменяются во времени и в пространстве, случайное варьирование в один год может смениться закономерным в последующий год. Для предотвращения ошибок опыта, связанных с размещением вариантов, и обеспечения надлежащей точности необходимо пользоваться методами, которые позволяют провести опыт без нарушения основных требований методики опытного дела.

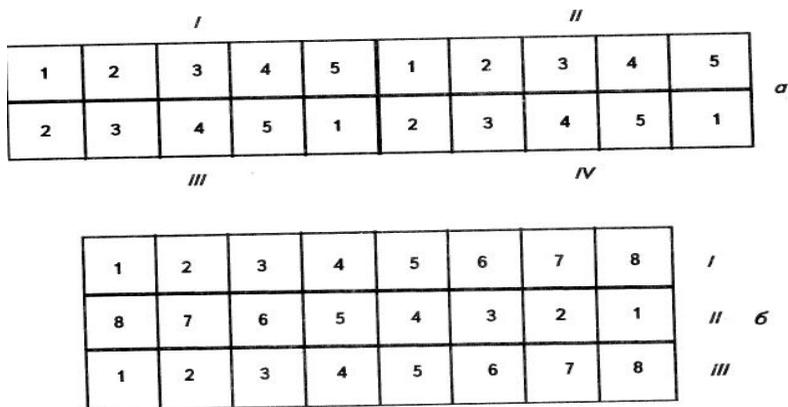


Рис. 12. Размещение вариантов систематическим методом

5. ВЫБОР И ПОДГОТОВКА ЗЕМЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ ДЛЯ ОПЫТОВ

1. Почвенно-биологическое обследование земельной площади.
2. Выбор почв для основных опытных культур.
3. Подготовка земельной площади для опыта.
4. Рекогносцировочные посевы.
5. Планирование опытов.

1. Почвенно-биологическое обследование земельной площади

При выборе участка проводят почвенно-биологическое обследование, изучают историю поля, его растительный покров, рельеф, микрорельеф. В соответствии с опытной культурой подбирают пригодные для нее и типичные для местности условия: почвы, подпочвы, уровень грунтовых вод. На выбранной площади проводят уравнительные и рекогносцировочные посевы.

При выборе площади для опыта исходят из программы исследований, комплекса природных условий и биологических требований растения. Рельеф, крутизна склона, его экспозиция, почва, подпочва и уровень грунтовых вод должны быть идентичными тем условиям, в которых выращивают опытную культуру в конкретной почвенно-климатической зоне, области, районе. В опыте необходимо соблюдать производственную типичность, ориентируясь на лучшие хозяйства с передовой агротехникой.

Для определенных культур подбирают соответствующие предшественники. Особое внимание при выборе площади для опыта уделяют однородности почвы, склона. Опыт можно размещать и на разных почвах и склонах в тех случаях, когда почвы или склоны являются объектами исследований.

Рельеф опытного участка должен быть выровненным, а крутизна склонов и их экспозиции — типичными для зоны, в которой планируется проведение опыта. Склоны должны быть равномерными и однородными, на участке не должно быть «блюдец» и впадин. На всей площади проводят нивелирование: в опытных учреждениях — с горизонталями через 0,2 м, а в производстве — через 1 м.

Перед закладкой стационарных опытов осуществляют детальные обследования площади для того, чтобы дать всестороннюю характеристику почвы, подпочвы, грунтовых вод и др.

Для изучения профиля почвы делают почвенные разрезы на глубину 1,5—2,0 м по диагонали поля, крайние — за пределами опытного участка, а средний — на местах будущих дорог или защитных полос. Между почвенными разрезами делают еще прикопки на глубину 40—60 см и составляют почвенную карту масштабом 1:5000. Из каждого разреза и прикопки отбирают образцы почвы для физического и химического анализов.

Детальное обследование почвы необходимо для того, чтобы более объективно выделить повторения будущего опыта и правильно выбрать соответствующий метод размещения вариантов.

История полей. В период обследования участка детально описывают историю поля. Определяют, где и какие культуры выращивались в предшествующие годы, после каких предшественников и предпредшественников. Желательно знать историю поля за 2—3 года до закладки опыта, а еще лучше — за всю ротацию севооборота.

Особенно внимательно нужно выявлять факторы, сильно влияющие на плодородие почвы: известкование в высоких дозах; внесение фосфоритной муки или других минеральных и органических удобрений в больших дозах или систематическое их внесение в течение нескольких лет; длительное выращивание многолетних трав. Последствие многих из перечисленных факторов продолжается 2—3 года, в случае с известкованием почвы — до 10 лет. Если плодородие сильно колеблется и закладку опыта нельзя отложить на несколько лет, чтобы его выравнять, то участок надо браковать. При изучении истории полей обращают внимание также на степень окультуренности почвы — глубину пахотного слоя, уровень плодородия почвы, рН почвенного раствора, наличие семян сорняков и т.д.

Сильная засоренность, в частности такими злостными сорняками, как корнеотпрысковые и корневищные, свидетельствует о низкой культуре земледелия. Без предварительного уничтожения сорняков закладывать опыт на такой площади нельзя.

Из книги истории полей узнают, где, когда и в каких дозах вносили удобрения, в частности органические. Дозы удобрений,

их формы, глубина, сроки и способы внесения в предшествующие годы должны быть одинаковыми на всей площади будущего опыта. Одинаковой должна быть и обработка почвы на поле.

Растительный покров. Высокая урожайность культур в предшествующие опыту годы свидетельствует о плодородии почвы, ее окультуренности и пригодности для опыта. При изучении растительного покрова особое внимание обращают на наличие растений-индикаторов. Хвощ полевой, щавель свидетельствуют о кислотности почвы, солянковая растительность указывает на засоленность, произрастание белоуса и лишайников говорит о сильном обеднении почвы питательными веществами, наличие на поле щучки, камыша означает заболоченность местности.

Намеченный для опыта участок изучают сначала по материалам прежних почвенных исследований и по агрохозяйственной карте (они должны быть в каждом хозяйстве), затем приступают к изучению рельефа, микрорельефа и почвы непосредственно в поле.

Рельеф и микрорельеф. Рельеф участка должен быть типичным для района исследований и способствовать защите опытных растений от действий сильных ветров и суховеев, направления которых берут во внимание при создании лесозащитных полос.

Экспозиция склона влияет на рост и урожайность опытных растений, продолжительность безморозного периода на южных склонах может увеличиться на 30 дней. Для обеспечения одинаковых условий в пределах одного и того же опыта участок должен иметь одинаковую экспозицию и рельеф.

Даже на небольших склонах необходимо предусмотреть и организовать противозрозионные мероприятия с тем, чтобы избежать потерь верхнего плодородного слоя почвы, чтобы опытные деланки не заливали талые воды или ливневые дожди. Особое внимание уделяют этому в опытах с удобрениями, чтобы удобрения не переносились на другие деланки с атмосферными осадками или при орошении.

Так как на результаты опыта может влиять не только рельеф, но и микрорельеф (бугорки, «блюдца», канавки, ровики), площадь будущего опыта необходимо тщательно выровнять.

Расстояние опытного участка от элементов местности.

Площадь для опыта выбирают на расстоянии не менее 50—70 м от леса, а от лесополос — не ближе 1,5—2-кратной их высоты во взрослом состоянии. Это необходимо для того, чтобы устранить отрицательное влияние леса или лесополос на исследуемые растения. Опытный участок располагают на расстоянии не менее 15—20 м от сплошных изгородей, чтобы не нарушать воздухообмен и не затенять опытные растения. На таком же расстоянии должны быть грунтовые дороги, чтобы пыль не попадала на опытные деланки. Опыт закладывают подальше от магистральных дорог во избежание вредного влияния выхлопных газов. Нецелесообразно выбирать опытные участки вблизи населенных пунктов, где домашние животные могут стравливать посевы. Кроме того, через опытные посевы жители населенных пунктов иногда протаптывают дорожки. Для предотвращения этого опытный участок надо огородить металлической сеткой.

2. Выбор почв для основных опытных культур

Как правило, опыты нужно проводить на тех почвах, на которых в широких масштабах выращивают ту или иную культуру в определенной почвенно-климатической зоне.

Для пшеницы подбирают наиболее плодородные почвы с благоприятными физическими и химическими свойствами. Реакция почвенного раствора должна быть близкой к нейтральной (рН 6,0—7,5). Такие свойства имеют черноземы и темно-каштановые почвы, в Нечерноземной зоне лучшие — слабооподзоленные, среднесуглинистые и серые лесные. Пониженные и заболоченные места для пшеницы не подходят.

Сахарная свекла очень требовательна к плодородию почвы. Лучше всего выращивать ее на структурных черноземах, богатых органическим веществом (черноземы глубокие, малогумусные, оподзоленные). По гранулометрическому составу предпочтительны суглинки, реакция почвенного раствора нейтральная или слабокислая (рН 6,5—7,5). Сахарную свеклу можно выращивать не только на черноземах, но и на темно-серых оподзоленных почвах. Для свеклы плохо подходят серые

и светло-серые оподзоленные и солонцеватые почвы, однако если эти почвы распространены в зоне свеклосеяния, то опыты закладывают на них.

Кукурузу можно выращивать на большинстве почв, пригодных для полевых культур. Но лучше всего она растет на почвах с глубоким гумусовым горизонтом и высокой влагоемкостью — черноземных, темно-каштановых и темно-серых легкосуглинистых, супесчаных и пойменных почвах с рН 5,5—7,0. Высокие урожаи можно вырастить и на дерново-подзолистых, осушенных торфяно-болотных почвах Нечерноземной зоны. Непригодны для кукурузы почвы, склонные к заболачиванию, сильно засоленные и с повышенной кислотностью (рН менее 5).

Для подсолнечника подбирают выщелоченные, мощные и обыкновенные черноземы, а также каштановые почвы, непригодны тяжелые глинистые, песчаные, кислые и сильно засоленные почвы. Наиболее благоприятный интервал рН 6,0—6,8.

Картофель предпочитает почвы с высокой воздухопроницаемостью — супесчаные, суглинистые черноземы, хорошо окультуренные дерново-подзолистые и серые лесные почвы, окультуренные торфяники, а также легкие песчаные почвы с внесением органических удобрений. Наиболее благоприятное значение рН 5—6. Малопригодны для картофеля тяжелые глинистые почвы, особенно с близким залеганием грунтовых вод.

Для гороха — культуры, требовательной к почве, — подбирают средние по гранулометрическому составу суглинистые и супесчаные плодородные почвы с нейтральной реакцией (рН 6—7). Малопригодны для гороха чрезмерно уплотненные глинистые, кислые и переувлажненные почвы.

Гречиxu целесообразно выращивать на черноземах, удобренных оподзоленных почвах с повышенной аэрацией, влагоемких, но не заболоченных. Реакция почвенного раствора должна быть слабокислой или нейтральной (рН 5,0—7,5). Непригодны для гречихи очень кислые почвы с рН менее 5 и переувлажненные пониженные участки.

Просо хорошо удается на плодородных структурных почвах с большим запасом питательных веществ — черноземах и каштановых почвах (рН 6,5—7,5). Почвы с повышенной кислотностью для проса непригодны.

Для риса лучше всего подходят наносные почвы речных долин, связные, тяжелые, глинистые, хорошо удерживающие воду, с высоким содержанием органического вещества. Непригодны для возделывания риса сильно заболоченные, а также легкие песчаные почвы. Оптимальная реакция почвенного раствора слабокислая (рН 5,0—6,6), но рис мирится и с более кислой реакцией, так как после затопления активная кислотность почвы падает.

Лен-долгунец предпочитает хорошо окультуренные среднесуглинистые почвы с незначительным оподзоливанием. Тяжелые и легкие почвы (супесчаные и песчаные) для льна мало пригодны. Если лен выращивают на дерново-подзолистых почвах, их необходимо известковать. Когда опыт закладывают в севообороте, то лен размещают на поле с наиболее типичной для зоны почвой. Оптимальная реакция почвенного раствора слабокислая (рН 5,9—6,5).

Для *хлопчатника* основные типы почв — сероземы, сероземно-луговые и лугово-болотные почвы Средней Азии и Закавказья. Мало пригодны для этой культуры почвы с близким уровнем грунтовых вод и с повышенной кислотностью.

3. Подготовка земельной площади для опыта

Как бы тщательно ни подбирали однородный участок для опыта, все же в разных местах этой площади плодородие будет не одинаковым. Выравнивание плодородия — первоочередная задача при подготовке земельной площади для опыта. После выравнивания плодородия почву окультуривают на необходимую глубину. Если опыт планируется проводить в севообороте, то вводят необходимый севооборот или отдельные севооборотные звенья с определенными фонами удобрений.

Для выравнивания плодородия и окультуривания почвы на необходимую глубину используют уравнительный посев, т. е. посев одной культуры, одного сорта, выравненными семенами при одинаковой агротехнике на всей площади будущего опыта. Уравнительные посевы проводят 2—3 года, посевная культура каждый год меняется в соответствии с требованиями севооборота.

Уравнительный посев действует на почву следующим образом. На участках, где плодородие почвы выше, урожай будет высоким и из почвы будет вынесено больше питательных веществ. А там, где плодородие почвы ниже, из почвы будет вынесено с урожаем меньше питательных веществ. Таким образом в течение 2—3 лет плодородие почвы почти полностью выравнивается.

Для уравнительного посева используют культуры, высеваемые сплошным способом, — овес, вико-овсяную смесь, ячмень. Каждый год их меняют. Урожай целесообразнее убирать не на зерно, а на зеленую массу. В этом случае посевы лучше очищаются от сорной растительности, кроме того, зерновые на зеленую массу — хороший предшественник для опытной культуры.

Если пестрота плодородия почвы обусловлена различной подпочвой, разным уровнем грунтовых вод и т.п., то ее нельзя устранить уравнительным посевом, такой участок надо забраковать. Плодородие почвы можно выравнивать равномерным внесением тех питательных элементов, которые находятся в почве в минимуме для опытной культуры. Варьирование плодородия почвы можно снизить, если все элементы агротехники уравнительных посевов проводить одинаково на всей площади будущего опыта. Особое внимание обращают на выполнение одинаковых мер борьбы с вредителями, болезнями и сорными растениями на всей площади уравнительного посева.

Площади после раскорчевки очищают от кустарников и деревьев, вычесывают корни, выравнивают поверхность почвы, засыпают ямы. В первые годы проводят частую глубокую вспашку и выбирают при этом остатки растений. После такой специальной подготовки на всей площади опыта проводят уравнительные посевы. После последнего посева иногда можно глазомерно оценить варьирование плодородия почвы и выделить будущие повторения опытов, т.е. обойтись без рекогносцировочного посева.

4. Рекогносцировочные посевы

Рекогносцировочные (разведывательные) посевы используют для детального выявления варьирования плодородия почвы на всей площади будущего опыта.

Для этого высевают одну культуру семенами одного сорта, репродукции и класса в условиях одинаковой агротехники перед закладкой опыта.

Цель этого посева — выявление варьирования плодородия почвы при помощи дробного учета урожайности на отдельных делянках. Как правило, рекогносцировочные посевы применяют в научных учреждениях и вузах перед закладкой стационарных опытов. Для рекогносцировочного посева весьма важны выбор растений, уход, подготовка к уборке и уборка урожая, составление плана рекогносцировочного посева.

Подбор растений. Чаще всего используют яровые культуры сплошного сева — ячмень, овес, вико-овсяную смесь. Озимые не следует использовать, так как причинами изменения их урожайности могут быть не только плодородие почвы, но и вымерзание, вымокание, выпревание, повреждение посевов грызунами и др.

Пропашные культуры, в частности картофель или корнеплоды, используют редко. Они менее пригодны для рекогносцировочных посевов, так как их урожайность (например, сахарной свеклы) может колебаться под влиянием не только плодородия почвы, но и качества прорывки, междурядной обработки, при которой некоторые растения могут повреждаться рабочими органами агрегата. Кроме того, в результате повреждения свеклы или картофеля их урожайность может сильно изменяться в отдельных местах посева.

Из яровых культур целесообразно выращивать те, которые являются хорошими предшественниками для большей части культур севооборота, например вико-овсяную смесь на зеленый корм. Ее рано убирают, что благоприятствует своевременному внесению удобрений и качественной обработке почвы под опытную культуру.

Перед проведением рекогносцировочного посева на всей его площади в предыдущие годы должны быть одинаковые предшественник, предпредшественник и равномерный агрофон.

Проведение агротехнических работ. Каждую агротехническую операцию проводят за один день, еще лучше — за несколько часов и с одинаково высоким качеством. Вспашку, предпосевную, послепосевную и послевсходовую обработки,

уход за растениями проводят на всей площади одинаково. Борьбу с вредителями, болезнями и сорняками на всей площади осуществляют одними и теми же препаратами в одинаковых дозах с применением одинаковой техники. Все делается для того, чтобы факторы, которые не будут изучаться в опыте, не влияли отрицательно на урожайность рекогносцировочного посева.

Подготовка к уборке урожая и его учет. Перед уборкой урожая весь рекогносцировочный посев делят на деляночки, площадь которых должна быть в 2—4 раза меньше, чем площадь опытных делянок планируемого опыта, или же быть равной им. Форма деляночек этого посева должна быть удлиненной с соотношением ширины к длине 1:10 и ориентирована вдоль склона. Ширина деляночки зависит от ширины захвата уборочного агрегата.

Урожай убирают малогабаритными машинами, когда сойдет роса. Для уборки вико-овсяной смеси лучше всего подходят специальные комбайны, оборудованные весами. При отсутствии комбайнов используют жатки. Поскольку влажность зеленой массы изменяется на протяжении дня, то через каждые 2 ч. работы с деляночек отбирают 2—3 пробных снопика, которые взвешивают, навешивают на них этикетки с указанием номера деляночек, массы снопика и времени отбора. После высушивания под навесом снопики вновь взвешивают и определяют процент влаги. Эти данные используют для приведения убранной и взвешенной зеленой массы со всех деляночек к стандартной влажности. Уборку урожая и его учет заканчивают в сжатые сроки. Результаты учетов используют для составления плана рекогносцировочного посева.

Составление плана рекогносцировочного посева. Одновременно с выделением деляночек на рекогносцировочном посеве составляют его план в определенном масштабе. На каждой деляночке записывают урожай или обозначают его условными знаками. По результатам урожайности строят вариационные ряды и изображают их графически. Если кривая вариационного ряда имеет не одну, а две вершины, это значит, что площадь рекогносцировочного посева имеет две разные по плодородию части. На каждой из них выделяют отдельные повторения, можно заложить даже отдельные опыты.

5. Планирование опытов

Планирование опыта — ответственный период научно-исследовательской работы, это не только создание фундамента опыта, но и его проект, от которого будут зависеть достоверность, точность и эффективность всего эксперимента. При планировании опыта следует применять методы математической статистики и компьютеры.

Впервые математическое планирование опытов было предложено в конце 20-х гг. английским математиком Р. Фишером, автором дисперсионного анализа.

Математическое планирование имеет большие преимущества. Оно организует исследователя, повышает производительность труда, надежность результатов, позволяет уменьшить число вариантов и опытов, а также найти оптимальные варианты, которых не было в эксперименте.

Основная задача при планировании опыта — поиск оптимальных условий роста растений для повышения урожая и улучшения его качества. Пусть в ранее проведенном опыте урожай был увеличен на 15 % благодаря использованию определенной дозы изучаемого фактора, но эта прибавка не максимальна. Возникает задача выбора оптимальных доз изучаемого фактора. Ее решение называется процессом оптимизации.

Пусть X — действующий фактор (удобрение, полив, вспашка и т.п.) и Y — результат этого действия (урожай, его качество) — это параметры оптимизации, иначе говоря, критерии оптимизации, целевая функция. Математическая модель, или уравнение, связывающее параметр оптимизации с действующими факторами, имеет вид:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k), \text{ где}$$

$f(X_1, X_2, \dots, X_k)$ — функция отклика.

Градации каждого фактора, или его дозы, называются уровнями фактора.

Набор уровней по каждому фактору определяет число вариантов в опыте. Если число уровней для всех факторов одина-

ково, то число вариантов данного опыта равно числу уровней, возведенных в число факторов. При двух факторах и трех уровнях каждого из них вариантов должно быть 3^2 , т.е. 9, при пяти уровнях и пяти факторах — 5^5 , т.е. 3125. Провести опыт с таким множеством вариантов практически невозможно, поэтому надо исключить промежуточные малоэффективные варианты.

Математическое планирование применяют лишь тогда, когда опыт может быть воспроизведен, а факторы управляемы.

Управляемые факторы — сорт, удобрение, обработка почвы, схема посева и т.п., малоуправляемые — температура воздуха и почвы, свет и т.п. Неуправляемыми факторами считают атмосферные осадки, зимние морозы. Неуправляемые, дрейфующие факторы нарушают процесс воспроизводимости опыта, в этих случаях обращаются к так называемому активно-пассивному эксперименту, когда связи между неуправляемыми факторами и параметрами оптимизации устанавливают только по результатам наблюдений.

Планирование опыта — это выбор минимального числа вариантов, а также выбор условий проведения опыта для их оптимизации.

Выбор параметров. Параметр — это то, что надо оптимизировать, это реакция на факторы. Параметров может быть множество: урожайность, сахаристость свеклы, содержание витаминов, лежкость картофеля, морозо- и засухоустойчивость, устойчивость к вредителям, болезням и т.д.

Для того чтобы найти оптимум, необходимо правильно выбрать один параметр оптимизации. При этом все остальные параметры будут ограничениями. Если один параметр выбрать невозможно, выбирают обобщенный параметр оптимизации как функцию от множества исходных. Правильный выбор параметра оптимизации — важнейшее условие успеха математического планирования.

Параметры оптимизации должны отвечать определенным требованиям:

- 1) параметры должны быть измеряемыми;
- 2) параметр должен выражаться одним числом; если параметр выражается отношением (например, отношение азота к фосфору в удобрениях равно 3:2), то это отношение выражают

одним числом (1,5), а в качестве параметров используют отклонения или квадраты отклонений от этих чисел;

3) параметр должен быть однозначным в статистическом смысле, т.е. набору факторов должно соответствовать одно число параметра;

4) параметр должен быть достаточно точным статистически. При недостаточной точности увеличивают число повторений для параметра;

5) параметр должен быть универсальным и полным, т. е. всесторонне характеризовать объект изучения. Универсальным является параметр, представленный функцией нескольких частных параметров;

6) каждый параметр должен иметь физический смысл, быть простым и легковычисляемым.

Оптимизировать одновременно несколько функций невозможно, поэтому оптимизируют одну из них, самую важную, для чего выбирают главный параметр оптимизации (например, урожайность культуры).

При этом рассчитывают коэффициенты парной корреляции между главным параметром и всеми второстепенными. Если связь окажется сильной, то второстепенный параметр исключают. Как правило, исключают параметры, которые труднее измерить или смысл которых менее ясен. При большом числе параметров рассчитывают обобщенный параметр оптимизации.

Однако частные отклики неодинаковы, неравноценны по значимости, и поэтому расчет обобщенного отклика будет искажен. Чтобы этого избежать, все частные отклики ранжируют по важности.

Выбор факторов. На параметры оптимизации — урожай, его качество, устойчивость растений к болезням, вредителям, пониженным температурам, засухе — воздействуют несколько десятков факторов: свет, сорт, макро- и микроэлементы, влажность и температура почвы и воздуха, воздушный режим почвы, способы ее обработки и др.

При математическом планировании обязательно должны быть учтены самые главные факторы, в противном случае увеличиваются ошибки опытов и снижается их точность. Успех планирования во многом зависит от удачного выбора факторов

Известно общее определение термина «фактор» — переменная величина, принимающая в некоторый момент определенное значение. Факторы — это способы воздействия на объект исследования.

Каждый фактор имеет свою область определения — совокупность всех значений, которые может принимать данный фактор. Эти значения могут быть количественными (дозы удобрений, глубина вспашки, площадь питания растений) и качественными (формы удобрений, сорта, разные пестициды).

К факторам предъявляют определенные требования:

1) выбираемые для математического планирования факторы должны быть управляемыми, регулируемыми, дозируемыми (полив, удобрения, глубина вспашки и т.п.). Температура воздуха, его влажность, свет — это малоуправляемые факторы, непосредственно использовать их для математического планирования полевых опытов нельзя;

2) фактор должен быть измеряемым с достаточно высокой точностью;

3) желательно, чтобы фактор был однозначным, но можно использовать и многозначные, т.е. сложные факторы, как функцию многих других;

4) при изучении совокупности нескольких факторов они должны быть совместимы, т.е. все их комбинации должны быть осуществимы и безопасны. Например, изучаемые дозы пестицидов должны быть безопасными для человека и животных, удобрения нужно вносить в таких дозах, чтобы не загрязнять окружающую среду;

5) изучаемые факторы должны быть независимы друг о друга, т.е. между ними не должно быть корреляционной прямойлинейной зависимости, но допускается криволинейная связь.

Выбор модели опыта. Опыт должен быть спланирован так, чтобы в нем были оптимальные варианты при минимуме затрат на его проведение. Правильно выбранная математическая модель подскажет даже те оптимальные варианты, которые ранее не изучались. При планировании опыта ставится задача найти оптимальные варианты изучаемых факторов. После проведения нового опыта на основе новых результатов, используя методы математического планирования.

6. МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ И УЧЕТОВ

1. Метеорологические наблюдения.
2. Изучение физических свойств почвы.
3. Определение агрохимических показателей почвенной среды.
4. Учет засоренности посевов.
5. Фитопатологические учеты на посевах различных культур.
6. Энтомологические учеты.
7. Фенологические наблюдения.
8. Оценка посевов и учет биометрических показателей.
9. Учет надземных и корневых остатков
10. Учет урожая

В опытах различного направления проводят множество разнообразных наблюдений и учетов. Наиболее важные среди них: метеорологические наблюдения, определение агрофизических и агрохимических показателей плодородия почвы, учет засоренности почвы и посевов, фитопатологические и энтомологические учеты, оценка посевов по биометрическим показателям, учет урожая, анализ растениеводческой продукции.

1. Метеорологические наблюдения

Наблюдения за элементами погоды в обязательном порядке проводят в тех опытах, где объектом исследований являются растения или среда их обитания. Часто только такими наблюдениями можно объяснить результаты, вызывающие у экспериментатора разного рода сомнения. Например, если не зафиксировать снижения температуры воздуха в отдельные зимние дни до -32°C , нельзя обосновать вымерзание озимых при среднесуточной температуре зимнего периода $-5...-7^{\circ}\text{C}$.

Невозможно объяснить низкий уровень урожайности пшеницы на достаточно высоком агрофоне, если исследователь не уловил момента «запала» зерна вследствие высоких температур воздуха и низкой его влажности. В первую очередь экспериментатор должен учитывать те явления погоды, которые могут серьезно повлиять на условия роста и развития возделываемой культуры (сильные морозы, продолжительная засуха, ураганные ветры, ливни, град и т.д.).

Сравнивая результаты метеорологических наблюдений в

годы проведения опыта с многолетними данными, экспериментатор может сделать вывод о типичности погодных условий года и установить характер взаимосвязей между урожаем и отдельными элементами погоды или метеорологическими явлениями.

Основные метеорологические факторы – количество осадков, относительная влажность и температура воздуха. Однако часто исследователь дополнительно должен учитывать температуру почвы, атмосферное давление, скорость и направление ветра или фотосинтетически активную радиацию (ФАР).

2. Изучение физических свойств почвы

Наиболее важные показатели физического состояния почвы — влагообеспеченность, объемная масса, или плотность, строение пахотного слоя и его оструктуренность. Можно пользоваться несколькими методами определения этих показателей.

Определение влажности почвы весовым методом. В зависимости от глубины определения влажности почвы пробы для анализа отбирают лопатой (если ограничиваются пахотным слоем) или специальными бурами различной конструкции. На небольших опытных делянках (не более 100—200 м²) минимальная повторность отбора образцов трехкратная. Места отбора проб намечают по диагонали делянки через равномерные промежутки.

Отобранную с определенной глубины (из пахотного слоя — через каждые 10 см, из более глубоких слоев — через 20 см) почву тщательно перемешивают и из нее берут пробу в предварительно взвешенный бюкс на 2/3 его объема. Бюкс сразу же закрывают плотно прилегающей крышкой.

После доставки в лабораторию бюксы осторожно открывают, крышку помещают под дно бюкса, бюкс взвешивают с точностью до 0,1 г и помещают в сушильный шкаф. Образцы сушат при температуре 105 °С в течение 6—10 ч до постоянной массы. Для того чтобы определить, что почва полностью высохла, образцы после высушивания и взвешивания вновь ставят на 2—3 ч на сушку и снова взвешивают. Если масса бюкса после досушивания не изменилась, сушку прекращают. Если масса изменилась, проверку повторяют еще раз. Убедившись, что

процесс высушивания почвы окончен, приступают к расчету влажности. Записи удобно вести по следующей форме:

Вариант	Слой почвы, см	Номер бюкса	Масса бюкса, г			Масса испарившейся воды, г (M=a-b)	Масса абсолютно сухой почвы, г (Г=б-в)	Влажность почвы, % (B=100*M / Г)
			с сырой почвой (а)	с сухой почвой (б)	пустого (в)			

После определения влажности почвы по повторностям подсчитывают средний показатель по варианту.

Для того чтобы узнать процент доступной влаги в почвенном образце, необходимо из рассчитанной общей влажности вычесть влажность устойчивого увядания растений, которую определяют по следующей методике.

Определение влажности устойчивого увядания растений. В бюксы из каждого слоя в четырех-пяти аналитических повторностях насыпают по 40—50 г почвы. После увлажнения почвенного образца в каждый бюкс высевают по 4—5 наклюнувшихся семян ячменя или овса, бюксы накрывают стеклом и ставят в темное место. После появления всходов бюксы переносят из темноты на свет и еще раз увлажняют почву в них. В фазе двух-трех листочков для уменьшения испарения поверхность почвы в бюксах прикрывают ватой, а сами бюксы переносят в слабоосвещенное место, где наблюдают за растениями. Со временем растения начинают увядать, т.е. наступает период, когда в почвенных образцах вся доступная влага уже использована растениями и в почве осталась лишь недоступная влага. Для определения ее процентного содержания почву в бюксах по возможности полностью освобождают от растений и после этого ставят на сушилку. После полного высушивания образцов влажность устойчивого увядания (или процент недоступной влаги) определяют так же, как и процент общей влаги.

Содержание доступной влаги в почве (%) рассчитывают по формуле:

$$Bд = Bо - Bн$$

Во – содержание общей влаги, %

Вн - содержание недоступной влаги (влажность устойчивого увядания), %

Количество воды в заданном слое почвы (т/га или м³/га) рассчитывают по формуле:

$$K = B * H * O,$$

где В — влажность почвы, % Н— высота слоя почвы, см;
О — объемная масса почвы слоя Н, г/см³.

Для того чтобы выразить количество влаги в миллиметрах, количество воды в тоннах или кубических метрах умножают на коэффициент 0,1, так как слой воды толщиной 1 мм на площади 1 га соответствует 10 т воды.

Определение объемной массы почвы методом Н.А. Качинского. Образцы почвы с ненарушенным строением отбирают из определенных слоев специальными металлическими стаканами цилиндрической формы. На делянке, где планируют определять объемную массу, копают яму и тщательно зачищают сторону, которая лучше всех освещена. Затем в запланированный слой зачищенной стенки одновременно забивают как минимум 4 пронумерованных и старированных стакана таким образом, чтобы их края были заподлицо с поверхностью стенки.

Потом стаканы выкапывают лопатой, тщательно очищают от лишней (выходящей за пределы их объема) земли, насухо вытирают и взвешивают непосредственно на месте с точностью до 1 г. Затем почву высыпают из стакана на подстилку и из нее в бюкс отбирают пробу для определения влажности почвы на время проведения анализа.

Объемную массу почвы, или плотность (О), выражают в граммах на кубический сантиметр и рассчитывают путем деления массы абсолютно сухой почвы в стакане на его объем с точностью до 0,01 г/см³.

Массу абсолютно сухой почвы (г) рассчитывают по формуле:

$$Г = 100 * C / (100 + B),$$

где С- масса сырой почвы в стакане, г;
В – влажность почвы, %

Записи удобно вести по следующей форме:

Вариант	Слой почвы, см	Повторность	Номер стакана	Объем стакана, см ³	Масса, г			Номер бюкса	Масса пустого бюкса, г	Масса бюкса с почвой, г		Влажность почвы, %	Масса абсолютно сухой почвы в стакане, г	Объемная масса почвы, г/см ³
					пустого стакана	стакана с почвой	сырой почвы			до сушки	после сушки			

Определение суммарного потребления влаги и коэффициента водопотребления. При определении суммарного потребления влаги на посевах сельскохозяйственных культур учитывают запасы почвенной влаги на период посева и уборки, а также количество атмосферных осадков за вегетационный период.

Для установления запасов влаги в почве на начало и конец вегетации культуры почвенные образцы отбирают через каждые 20 см на глубину корнеобитаемого слоя (чаще всего 1 м, а для культур с глубоко проникающей корневой системой — 1,6 м). После доведения образцов до абсолютно сухого состояния и определения влажности с учетом объемной массы каждого слоя почвы расчет запасов влаги (в мм/га или т/га) ведется с использованием формул, приведенных выше.

По разнице между запасами влаги на время посева и уборки культуры рассчитывают уменьшение запасов почвенной влаги за период вегетации растений. Прибавив к полученному результату количество осадков за время от посева до уборки урожая, определяют суммарный расход влаги (в мм/га). Для пересчета миллиметров на гектар в тонны на гектар суммарный расход влаги умножают на 10.

Коэффициент водопотребления сельскохозяйственных культур за вегетационный период определяют по формуле:

$$K_v = C_v / U,$$

где S_v — суммарное потребление влаги, т/га;

$У$ — урожайность основной и побочной продукции в пересчете на абсолютно сухое вещество, т/га.

3. Определение агрохимических показателей почвенной среды

Агрохимические показатели почвенной среды определяют в результате анализа образцов почвы, которые отбирают под руководством опытного научного сотрудника. Почвенный образец должен быть репрезентативным, ведь по его анализу судят обо всей делянке, с которой он был отобран.

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. Пробы тщательно перемешивают и из всей массы отбирают объединенный образец массой 400—500 г.

Отобранные образцы почвы расстилают тонким слоем для сушки в лаборатории или другом хорошо проветриваемом помещении. На почву не должны попадать прямые солнечные лучи. Когда почва достигнет воздушно-сухого состояния, из образцов тщательно отбирают пинцетом все примеси (растительные остатки, камешки, насекомых и др.), почву размалывают на специальных машинах, просеивают через сита с отверстиями диаметром 2 мм и сыпают в бумажные пакеты или полиэтиленовые мешки, где ее можно сохранять до 1 года. Образцы почвы, отобранные при закладке стационарных опытов, сохраняются в плотно закрытой стеклянной посуде в течение более длительного срока. Если образцы почвы анализируют в состоянии природной влажности, срок их сохранности сокращается до 5 ч после отбора.

Определение суммы поглощенных оснований с использованием метода Каппена—Гильковица. Сумма поглощенных оснований эквивалентна количеству соляной кислоты, расходуемой на их вытеснение. Рассчитывается она по разности между количеством участвовавшей в анализе кислоты и ее остатком после анализа. Последний определяется путем титрования вы-

тяжки едким натром.

Для определения суммы поглощенных оснований методом Каппена—Гильковица берут навеску воздушно-сухой почвы (20 г) и высыпают ее в колбу на 500 мл, куда доливают 100 мл 0,1 н. раствора соляной кислоты. После тщательного перемешивания путем взбалтывания на ротаторе в течение 1 ч содержимое колбы фильтруют на сухом складчатом фильтре. При этом первые мутные капли отбрасывают, а из прозрачного фильтрата пипеткой отбирают 50 мл жидкости в коническую колбу на 300 мл. Эту колбу нагревают до кипения на электрической бане и кипятят в течение 2—3 мин. После добавления к горячему раствору 2—3 капель фенолфталеина содержимое колбы оттитровывают 0,1 н. раствором едкого натра до бледно-розового цвета, который не исчезает в течение 1 мин.

Сумму поглощенных оснований (мг-экв. на 100 г почвы) рассчитывают по формуле:

$$C = aT_1 - bT_2,$$

где a — количество взятого для титрования фильтрата, мл; T_1 — поправка к титру 0,1н раствора соляной кислоты; b — количество 0,1 н. раствора едкого натра, пошедшего на титрование остатка соляной кислоты, мл; T_2 — поправка к титру 0,1н раствора едкого натра.

Определение реакции почвы потенциометрическим методом. Реакцию почвенного раствора (рН) учитывают при решении вопроса о необходимости известкования. Сущность данного метода заключается в измерении электродвижущей силы, которая возникает при погружении в суспензию почвы двух разных электродов — измерительного и электрода сравнения.

Для анализа навеску воздушно-сухой почвы (20 г) переносят в коническую колбу на 200 мл, куда доливают 50 мл 1н раствора хлорида калия. После взбалтывания в течение 1—2 мин. содержимое фильтруют, часть фильтрата переносят в стаканчик на 50 мл. Измеряют рН фильтрата на потенциометре, предварительно настроенном при помощи буферных растворов рН 4,01; 6,86 и 9,18.

Через 1 мин. после погружения электродов в вытяжку проводят отсчет по шкале потенциометра, после чего стаканчик с вытяжкой убирают, а электрод ополаскивают дистиллированной водой и подсушивают фильтром для последующего погружения.

Определение гидролитической кислотности. Гидролитическую кислотность также определяют потенциометрическим методом, сущность которого заключается в обработке почвы 1 М раствором едкого натра в воде в соотношении 1:2,5 с последующим потенциометрическим определением кислотности полученной суспензии.

Для анализа 30 г почвы, доведенной до воздушно-сухого состояния, помещают в коническую колбу на 200 мл, доливают туда 75 мл 1 М раствора CH_3COONa , содержимое взбалтывают 1 мин и оставляют до следующего дня. На другой день суспензию вновь взбалтывают и определяют рН при помощи иономера.

4. Учет засоренности посевов

Прогнозировать появление сорняков на полях возможно лишь при наличии данных о засоренности посевов в предыдущем году и наличии в почве семян и вегетативных органов размножения сорняков.

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

Глазомерный метод заключается в том, что исследователь, обходя поле по краям и по диагонали, оценивает засоренность посевов определенной культуры по 4-балльной 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.

Средний балл засоренности поля выводят на основе оценок засоренности отдельных его участков. Засоренность посевов определяют несколько раз — в начале, середине и в конце вегетации. Каждый раз наряду с оценкой засоренности в баллах указывают биологические группы наиболее распространенных сорняков. Такой метод чаще всего используют для составления

карты засоренности полей в хозяйстве.

Под картой засоренности обязательно должна быть приведена расшифровка условных обозначений. По такой карте можно судить лишь об общей окультуренности отдельных полей хозяйства.

Количественный метод позволяет получить сведения не только о видовом составе сорняков, но и об их количестве на единицу площади. По диагонали делянки небольшого размера (до 200—300 м²) в пяти местах через равномерные промежутки на поверхность почвы накладывают рамку площадью 0,25 м² (0,5 x 0,5 м) или 1 м² (1 x 1 м). В пределах каждой рамки подсчитывают общее число сорняков, выделяя малолетние и многолетние. Кроме того, отдельно среди этих групп указывают число одно- и двудольных сорняков.

Количественно-весовой метод дает более полную информацию о засоренности посевов, при этом, наряду с числом учитывают и массу сорняков. Сорняки взвешивают без корней сырыми, а после сушки — и в воздушно-сухом состоянии, массу сорняков выражают в граммах на квадратный метр или в тоннах на гектар. По этому показателю более обоснованно можно судить о том вреде, который сорняки причиняют культурным растениям.

5. Фитопатологические учеты на посевах различных культур

Зерновые колосовые. За период вегетации проводят следующие фитопатологические наблюдения:

ржавчину на посевах озимых колосовых обнаруживают перед уходом растений в зиму, осматривая листья на пяти равно-отдаленных площадках размером 50 x 50 см в каждом повторении опыта. Оценивают степень поражения согласно шкале из Методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (рис. 13) в процентах;

пораженность снежной плесенью определяют весной до боронования озимых визуально на всех повторениях с учетом площади, которую занимают пораженные места, в процентах к общей площади делянки;

склеротиниоз учитывают путем осмотра по диагонали

делянки через равномерные промежутки 100 растений. При этом число растений со склероциями в пробе и будет показывать процент пораженности посевов этой болезнью;

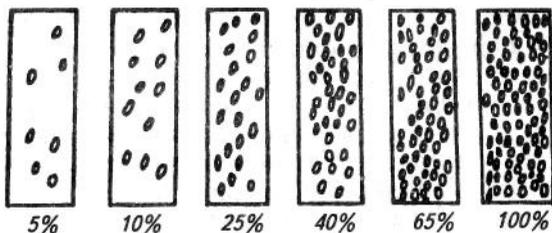


Рис. 13. Шкала учета пораженности бурой, желтой, корончатой и карликовой ржавчиной

корневые гнили учитывают в фазе выхода растений в трубку и при молочной спелости зерна. Для этого на защитных полосах всех делянок в опыте выкапывают 100 растений, которые после промывки их корней анализируют по степени поражения этой болезнью таких отдельных частей растений, как корни, подземное междоузлие, узел кущения и основание стебля.

Степень поражения листьев различными болезнями, которые проявляются в виде пятен, оценивают путем осмотра на каждом повторении 20 растений (стеблей), равномерно отдаленных один от другого по диагонали делянки. При этом долю пораженной части листа оценивают визуально и выражают десятками процентов (10, 20, 30 и т.д.);

Поражение мучнистой росой определяют в период выхода в трубку — колошения и оценивают по шкале, показанной на рис. 14.

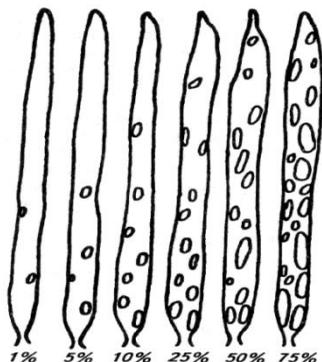


Рис. 14. Шкала учета пораженности листьев мучнистой росой

Степень поражения пшеницы бурой и желтой ржавчиной, а овса корончатой ржавчиной оценивают путем осмотра двух верхних листьев, а по второму и третьему верхним листьям оценивают степень поражения ячменя карликовой и желтой ржавчиной, а также ржи бурой и желтой ржавчиной.

Пораженность септориозом учитывают на верхних втором и третьем листьях, а оценивают в процентах.

Учет пыльной головни пшеницы и ячменя проводят в период полного колошения, а стеблевой и карликовой головни пшеницы и ржи — в фазе молочной спелости зерна путем осмотра 100 растений (по 20 растений в пяти местах) на каждой делянке опыта. Выражают пораженность растений в процентах к осматрленным.

Твердую головню, фузариоз колоса, черный и базальный бактериозы пшеницы, твердую головню ржи, стеблевую головню пшеницы, каменную головню ячменя и головню овса учитывают путем осмотра на делянке 100 продуктивных стеблей.

Гречиха. Из фитопатологических исследований на посевах гречихи проводят:

учет увядания всходов и фитофтороза — путем осмотра 100 растений через 10 дней после появления полных всходов;

поражение аскохитозом, фитофторозом и мучнистой росой в виде пятнистости листьев определяют визуально в

начальной стадии созревания зерна. Степень поражения выражают в процентах.

Просо. Посевы этой культуры осматривают для определения поражения растений такими наиболее распространенными болезнями:

бактериальным увяданием — через 10 дней после полных всходов и во время выметывания метелки путем осмотра 100 растений на делянке;

головней — во время созревания урожая путем осмотра 100 растений, отобранных в пяти местах на делянке.

Зерновые бобовые культуры. Осматривая 100 растений (по 10 растений в 10 местах на делянке), учитывают процент пораженности увяданием, фузариозом всходов, мозаикой, черной ножкой, белой и серой гнилью, полосатой пятнистостью и ризоктониозом.

Кукуруза. Для учета процента поражаемости различными видами головни и стеблевыми гнилями осматривают по диагонали делянки 20 растений. Одновременно пятнистость листьев и стеблей оценивают и по степени поражения растений. Поражение болезнями початков учитывают путем осмотра 30 типичных початков с делянки.

Сорго. Перед уборкой учитывают путем осмотра 100 растений на делянке процент поражения головней, в то время как для учета поражения бактериальной пятнистостью листьев достаточно обследовать 25 растений — по пять рядом растущих в пяти равноотдаленных местах на делянке.

Сахарная и кормовая свекла. Планируют следующие фитопатологические наблюдения и учеты:

процент поражения корнеедом учитывают через 10 дней после появления всходов путем осмотра 100 растений по диагонали делянки;

степень поражения церкоспорозом, мучнистой росой и другими болезнями, которые проявляются в виде пятнистости листьев, определяют при осмотре 20 растений на двух несмежных рядках;

поражение ложной мучнистой росой, желтухой и мозаикой определяют путем осмотра во второй половине лета 100 растений на средних рядках делянки и выражают в процентах;

Многолетние травы. За весь жизненный цикл многолетних трав учитывают:

степень поражения желтой и бурой пятнистостью листьев, ржавчиной, мучнистой и ложной мучнистой росой — путем осмотра растений на площадках размером 0,5x0,5 м в 5-кратной повторности на делянке.

6. Энтомологические учеты

Зерновые культуры. Поврежденность такими скрытностебельными вредителями, как гессенская и шведская мухи, стеблевые блохи, учитывают при осмотре 100 растений на делянке, отобранных подряд в пяти равномерно отдаленных друг от друга местах в день проведения анализа. На озимых культурах пробы отбирают дважды — перед уходом растений в зиму и весной, а на яровых — в фазе выхода в трубку. Кроме того, поврежденность растений озимых колосовых гессенской мухой дополнительно учитывают и в фазе молочной спелости зерна.

Поврежденность зерна различными вредителями определяют непосредственно перед уборкой урожая, при этом на делянке отбирают по 100 колосьев и анализируют их, учитывая процент и степень поврежденности зерна.

Для учета поврежденности колоса трипсами в матерчатые мешочки отбирают по 100 колосьев с делянки в фазе молочно-восковой спелости зерна. В лаборатории вредителей учитывают и пересчитывают их число на один колос. После этого из общей пробы отбирают 10 колосьев для определения процента поврежденности зерна названным вредителем.

Зерновые бобовые культуры. Степень поврежденности различными вредителями за вегетационный период выражают в процентах. Для этого по диагонали делянки отбирают 100 растений, при анализе которых могут быть обнаружены следующие повреждения:

обгрызенные края листьев, всходов, что характерно для долгоносика;

поврежденная ростковыми мухами и луговым мотыльком подземная часть проростков;

грубое объедание листьев, бутонов и соцветий гусеницами

многолетних совок;

проколы на цветках, оставленные гороховым комариком;
поврежденные соцветия вики личинками фитонюса;
проеденные гусеницами многолетних совок стенки бобов.

Сахарная и кормовая свекла. Учет поврежденности растений вредителями ведут путем осмотра 100 растущих растений на двух средних рядах делянки. При этом определяют:

процент всходов, поврежденных жуками-долгоносиками (объедают семядоли и листья), свекловичной щитовоской (выедают округлые сквозные отверстия на листьях) и блошками (выедают мякоть, не затрагивая кожицу нижней стороны листа).

Многолетние бобовые травы. Планируют следующие энтомологические учеты (результаты выражают в процентах):

Поврежденность листьев клубеньковыми долгоносиками определяют в разные периоды вегетации путем осмотра 20 растений на делянке. На поврежденных листьях края имеют овальные выгрызы; поврежденность клеверным семяедом определяют путем осмотра 100 головок, сорванных при их побурении. Головка считается поврежденной, если при отрывании завязи от цветоноса обнаруживаются личинки или куколки вредителя.

7. Фенологические наблюдения

Во всех опытах, где объектом исследований является растение (культурное или сорное), обязательно планируются фенологические наблюдения, сущность которых заключается в регистрации фаз развития растений. Фазы различаются между собой по внешним признакам. Началом фазы считается период, когда в нее вступило 10—15 % растений. Если в нее вступило 70—75 % растений, фаза считается полной.

Фенофазы определяет визуально одновременно на всем опыте один и тот же исследователь. Данные фенологических наблюдений используют при оценке влияния погодных (климатических) условий и почвенной среды на развитие подопытного растения, а также для расчета длительности межфазных периодов и вегетационного периода в целом.

Различные культуры характеризуются определенными фенофазами. Согласно Методике государственного сортоиспы-

тания сельскохозяйственных культур принято определять следующие фазы.

Для пшеницы, ржи, ячменя, овса, тритикале, проса — всходы (начальные и полные); начало кушения; колошение, или выбрасывание метелки (начальное и полное); полное цветение ржи; молочная (кроме проса), восковая (хозяйственная) и полная спелость (если уборку проводят при полной спелости зерна). Кроме того, для озимых зерновых отмечают даты прекращения осенней вегетации и возобновления ее весной.

При проведении фенологических наблюдений исследователю необходимо учитывать следующее. Всходы на посевах злаковых культур отмечают при появлении первых раскрытых листочков у 75 % растений. Начало кушения отвечает периоду, когда у 10—15 % растений появится из влагалища главного стебля первый листочек бокового побега.

Сроком прекращения осенней вегетации озимых культур является дата перехода среднесуточной температуры воздуха для пшеницы, тритикале и ячменя через +5 °С, а для ржи — через +4 °С. Возобновление вегетации озимых культур весной приходится на время, когда начинают отрастать листья, срезанные сразу после таяния снега.

У гречихи отмечают следующие фазы развития растений: всходы (начальные и полные), цветение (начальное и полное), побурение первых плодов и хозяйственная, или уборочная, спелость. Фаза всходов отмечается при появлении семядолей на поверхности почвы. Начало цветения приходится на время, когда первые цветы появляются на 10—15 % растений, а полное цветение характеризуется наличием первых цветков более чем на 75 % растений.

У кукурузы отмечают фазы появления всходов и полные всходы, начало и полное выбрасывание метелок, начало и полное цветение початков, молочную, молочно-восковую, восковую и полную спелость. Начало цветения початков согласуется с появлением тычиночных нитей. Фаза молочной спелости характеризуется полностью сформировавшимся зерном, однако оно легко раздавливается и из него вытекает белая жидкость, похожая на молоко. При мелочно-восковой спелости из раздавленного зерна вытекает уже тестообразная масса с некоторым включением

твердых крупинок. В фазе восковой спелости зерно уже не раздавливается пальцами, но еще режется ногтем. Признак полной спелости зерна — его почернение в месте прикрепления к стержню початка и пожелтение оберток. Фазы спелости зерна определяют после освобождения от оберток десяти початков на защитных полосах делянки. Определенную фазу регистрируют тогда, когда в эту фазу вступило восемь початков из десяти.

У сорго фиксируют фазы полных всходов (когда их появилось около 75 %), кушения, полного выбрасывания метелок (75 % и более), начала (10—15 %) и полного цветения, молочно-восковой, восковой и полной спелости зерна.

Для растений риса характерны следующие фенологические фазы: всходы (начальные и полные), начало кушения, начальное и полное выбрасывание метелки, молочная, восковая и полная спелость. Начало всходов отмечается при появлении первого настоящего листа с пластинкой, а полные всходы — при четко выраженных рядках.

У зерновых бобовых культур (горох, соя, вика, чечевица, фасоль, люпин, кормовые бобы, чина, сераделла, нут) отмечают фазы полных всходов, начального и полного цветения, начальной и хозяйственной спелости. Фаза всходов регистрируется при появлении на поверхности почвы первых листочков или семядоль. Начальная спелость характеризуется пожелтением одного-двух нижних бобов у 10—15 % растений.

У корнеплодных культур фиксируют фазы всходов (начальных и полных), смыкания листьев в рядках и междурядьях. На посевах свеклы дополнительно определяют фазу появления первой пары настоящих листьев.

На посадках картофеля необходимо отмечать фазы всходов, цветения, начала отмирания ботвы.

На посевах подсолнечника определяют фазы всходов и начала образования корзинок, цветения и созревания.

На посевах льна учитывают фазы всходов (начальных и полных), появления четвертого-пятого листа, цветения.

8. Оценка посевов и учет биометрических показателей

Визуальная оценка посевов. Общее состояние посевов оценивают визуально в основные фазы развития выращиваемых культур. Оценку дают по следующей шкале:

- 5 — состояние отличное;
- 4 — хорошее;
- 3 — удовлетворительное;
- 2 — плохое;
- 1 — очень плохое;
- 0 — полная или почти полная гибель посева.

Результаты наблюдений за посевами заносят в полевой журнал. Эти записи могут быть основанием для выбраковки отдельных участков или части поля в производственных условиях. По результатам визуальной оценки можно в некоторой степени оценивать условия питания растений, принимая во внимание, что светлая желто-зеленая окраска листьев свидетельствует о недостаточном азотном питании, а красноватая (в виде ожогов края листа) — о калийном голодании.

Зимостойкость озимых культур за период перезимовки определяют в основном методом монолитов, которые отбирают 25 января и 23 февраля. Это очень трудоемкий и занимающий много времени метод, поэтому на практике используют также ускоренный способ отрастания растений. В те же сроки на делянке отбирают растения с комьями земли. В теплом помещении растения с комьями земли опускают для оттаивания в холодную воду. После промывания в чистой воде их обрезают сверху на расстоянии 3—5 мм от основания узла кушения, переносят в чашки Петри или другие сосуды, заливают 0,5%-ным раствором тетразола и помещают на 1 ч в термостат с температурой +40 °С. При отсутствии термостата сосуды с обрезанными узлами кушения прикрывают темным светонепроницаемым материалом и оставляют в отапливаемом помещении на 4 ч. За этот период у живых растений конус нарастания окрашивается в вишнево-красный цвет, у мертвых не окрашивается. Затем определяют процент живых растений в пробе.

При отсутствии тетразола (или подобных химических реактивов) для ускоренного разделения растений в пробе на жи-

вые и мертвые используют метод Донского НИИСХ. Отмытые от почвы растения обрезают с обеих сторон от узла кущения на расстоянии 1 см, помещают в стеклянную банку на смоченную водой вату или фильтровальную бумагу. Для создания высокой влажности банку плотно закрывают и помещают на 12—24 ч в теплое место (24—26 °С). Через сутки у живых растений можно заметить рост стебля и корней.

Засухоустойчивость растений. Этот показатель определяют путем фиксации увядания листьев. Оценивают засухоустойчивость в баллах:

- 5 — увядание отсутствует;
- 4 — » единичное и слабое;
- 3 — » среднее;
- 2 — » значительное;
- 1 — » очень сильное.

Наблюдают за увяданием листьев с установлением устойчивой жаркой погоды ежедневно в 14—16 ч и перед закатом солнца.

Устойчивость посевов к полеганию, ломкости колоса, осыпанию зерна и прорастанию его в колосе. Устойчивость посевов к полеганию оценивают, начиная с даты возникновения этого явления через каждые 5—10 дней вплоть до уборки урожая. Это дает возможность заметить способность отдельных сортов данной культуры возвращаться после полегания в вертикальное положение. Устойчивость посевов к полеганию оценивают в баллах:

- 5 — полегание не отмечается вовсе;
- 4 — »незначительное;
- 3 — »среднее;
- 2 — »значительное, затрудняющее уборку урожая комбайном;
- 1 — »значительное, задолго до уборки урожая, посевы непригодны для комбайнирования.

При фиксировании даты полегания указывают причину этого явления, фазу развития растения и характер полегания (корневое или стеблевое).

Густота посевов (насаждений). Густоту растений культур сплошного сева определяют дважды за вегетацию на специаль-

ных площадках, которые выделяют после появления всходов в 3—4-кратной повторности на делянке. Для культур с междурядьями шириной 15 см площадь учетных площадок составляет 1 м², а на посевах с междурядьями 7,5 см учетная площадка размером 0,1 м² включает два смежных рядка длиной 66,7 см. Размещать пробные площадки необходимо по диагонали учетной площади делянки. Первый раз густоту растений определяют в фазе полных всходов, второй — перед уборкой. Зная норму высева, по результатам первого подсчета можно установить полевою всхожесть семян. Результаты второго подсчета дают возможность рассчитать сохранность растений за вегетационный период (%) по формуле:

$$C = 100 U/V,$$

где U и V — число растений на 1 м² соответственно перед уборкой и в фазе полных всходов.

Высота растений. Как правило, высоту измеряют в определенные фазы развития растений. Для этого используют мерную линейку с нулевой отметкой на самом конце. В зависимости от величины делянки объем выборки составляет 50—100 растений, отбираемых в разных местах по диагонали учетной площади. При этом стебель измеряют от поверхности почвы до верхушки растения без учета остей у остистых колосовых культур. Итоговый показатель такого учета — средняя высота растений на делянке.

Облиственность растений. На предварительно закрепленных растениях при определении длины стеблей учитывают также число листьев и их площадь. Число листьев на растении определяют путем их подсчета на всех растениях, входящих в выборку, с последующим выведением среднего арифметического.

Площадь листового аппарата можно определить несколькими способами. Среди них широко распространен способ высечек, который заключается в следующем. На пробных площадках делянки выделяют 10—20 типичных растений. Все листья с них обрывают и взвешивают. Потом при помощи ручного сверла в виде металлической трубки определенного диаметра с за-

остренными краями берут из оборванных листьев 20—50 высе-чек общей площадью не менее 10—20 см². После взвешивания высе-чек общую площадь оборванных листьев в пробе (см²) рас-считывают по формуле:

$$П = M * П_1 * K / M_1$$

где М — масса листьев в пробе, г; П₁ — площадь одной высе-чки, см²; К — число высе-чек; М₁ — масса высе-чек, г.

Разделив общую площадь листьев в пробе на число выбо-рочных растений, определяют площадь листьев на одном расте-нии, а умножив последний показатель на густоту растений на 1 га рассчитывают площадь листового аппарата (м²/га).

Интенсивность нарастания растительной массы. Этот по-казатель определяют путем взвешивания пробных растений в разные периоды вегетации. Чаще всего пробы отбирают в опре-деленные фазы развития растений, а иногда — в какие-либо ка-лендарные сроки. Так, на посевах сахарной и кормовой свеклы пробы растений отбирают за вегетацию 3 раза: за 2 мес до убор-ки, за 1 мес до уборки и непосредственно перед уборкой урожая.

Отобранные растения очищают от почвы и взвешивают. 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 необ-ходимо разделить на число растений в пробе и на длительность периода в днях.

Для параллельного определения прироста сухого вещества после каждого взвешивания сырой пробы из нее отбирают сред-ний образец массой около 100 г для определения процентного содержания сухого вещества. Растительную массу измельчают и помещают в металлические коробки, которые взвешивают и ставят в сушильный шкаф. Сушат их при температуре не выше 105 °С до тех пор, пока масса не станет постоянной. После взвешивания коробок с сухим растительным образцом и отдель-ного взвешивания тары рассчитывают массу сырого и сухого растительного материала в пробе. Эти данные используют для

определения содержания сухого вещества в растительной массе (%) по формуле.

Чистая продуктивность фотосинтеза. Интенсивность прироста растений можно оценивать также по чистой продуктивности фотосинтеза за отдельный отрезок времени или за весь вегетационный период. Чистая продуктивность фотосинтеза — это сухая масса урожая в граммах, образуемая 1 м² листьев за 1 сут. Ее определяют по формуле

9. Учет надземных и корневых остатков

В опытах, где планируется определение баланса гумуса, необходимо учитывать количество растительных остатков возделываемых культур, так как растительные остатки — важный источник пополнения почвы органическим веществом. Однако вести учет послеуборочных надземных и корневых остатков одновременно не следует, поскольку ко времени уборки урожая значительная часть мелких корешков разлагается. При учете корней в этот период исследователь получит заниженные результаты.

Надземные растительные остатки большинства сельскохозяйственных культур (за исключением тех, которые скашивают на зеленую массу или сено) необходимо учитывать непосредственно после уборки урожая, а корневые — в фазе колошения — цветения зерновых (злаковых и бобовых) и в период интенсивного нарастания урожая клубне- и корнеплодных культур, когда растения имеют наиболее развитую корневую систему.

Для определения массы послеуборочных надземных остатков используют рамку размером 1х1 м, которую накладывают в каждом варианте в девяти аналитических повторностях (по 3 на делянке и в трех повторениях опыта). Все растительные остатки в пределах каждой рамки собирают в отдельный бумажный или целлофановый пакет, куда помещают этикетку с указанием даты учета, варианта, номера пробы и повторения. В лаборатории или в другом помещении содержимое пакета взвешивают, помещают в сушильный шкаф, доводят до абсолютно сухого состояния и вновь взвешивают. В балансовых расчетах в большинстве случаев массу растительных остатков выражают в

абсолютно сухом веществе. Разделив полученный результат в граммах на квадратный метр на 100, получают количество абсолютно сухих надземных остатков в тоннах на гектар.

10. Учет урожая

За 1—2 дня до уборки нужно тщательно осмотреть весь опыт, возобновить межевые знаки каждой делянки, убрать этикетки, колышки и другие посторонние предметы, которые могут попасть в уборочную технику и вывести ее из строя.

Особенно тщательно осматривают учетные площади делянок. При необходимости на них выделяют выключки, иногда выбраковывают и целые делянки, однако к этому следует прибегать лишь в крайних случаях. Причиной для выбраковки могут быть повреждения посева из-за града, ливня, ураганного ветра, потравы скотом, воровства, изреживания посева пропашных культур при междурядных обработках, ошибок во время закладки опыта. Полностью бракуют целые делянки и тогда, когда выключки составляют 50 % площади и более, так как уменьшать учетную площадь делянки разрешается не более чем на 30—40 %.

Перед уборкой с учетных делянок необходимо убрать урожай на всех выключках и защитных полосах, чтобы избежать смешивания этой продукции с учетной. Исключение делают лишь в том случае, когда на узких боковых защитных полосах между вариантами практически невозможно использовать уборочную технику. Тогда перед снятием урожая с учетных делянок освобождают от урожая лишь торцевые защитные полосы, а учетные площади убирают вдоль делянки строго по ее боковым границам.

Способ уборки урожая в опыте должен быть одним из общепринятых в исследовательской практике. При механизированной уборке все учетные делянки в опыте (или, в крайнем случае, в пределах целого повторения) необходимо убирать в один день и одним уборочным агрегатом.

Чаще всего в исследовательской практике для учета урожая используют сплошной способ, когда урожай учитывают на всей учетной площади делянки.

Зерновые колосовые культуры сплошного сева. Убирают урожай в основном прямым комбайнированием, используя для этого малогабаритные комбайны, а при их отсутствии — обычные, переоборудованные для поделяночного учета. При этом малогабаритными комбайнами можно убирать урожай и на делянках с относительно небольшими (25—50 м²) учетными площадями. Обычные комбайны используют на делянках с учетной площадью не менее 100 м², в противном случае результаты учета урожая сильно искажаются. Это обусловлено тем, что потери зерна у серийных отечественных комбайнов намного больше чем у малогабаритных (соответственно 4,2—8,7 и 2,9—49 г/м² при уборке ячменя).

Скорость движения комбайна на всех делянках должна быть равномерной, нельзя останавливать агрегат посередине делянки. После того как комбайн пройдет всю делянку, его останавливают на 3—4 мин, не выключая молотильного аппарата, чтобы 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 нескольких делянок мешки с зерном взвешивают непосредственно в поле, в крайнем случае на току или в специально отведенном помещении. После взвешивания зерна из каждого мешка отбирают объединенную (из верхней, средней и нижней частей объема) пробу массой 1—2 кг для определения влажности, засоренности и качественных показателей зерна. Результаты взвешивания зерна с делянки (бункерная масса) пересчитывают до стандартных показателей урожайности.

Анализ растительных образцов

Растительные образцы отбирают для определения влажности, химического состава и оценки качества продукции по основным технологическим показателям. Это очень ответственная работа, поскольку по небольшой по объему выборке оценивают весь объект исследований. В зависимости от планируемых анализов растительные образцы отбирают в процессе вегетации культуры, во время уборки урожая или после определенного периода хранения продукции.

Образцы зерна, находящегося в мешках, отбирают специальным конусным щупом из верхней, средней и нижней частей в такой повторности, чтобы обеспечить следующую массу образца (кг): для мягкой пшеницы — 2,5; твердой пшеницы — 3,5; ячменя, овса, проса, гречихи, гороха и риса—1; люпина, бобов, фасоли, чечевицы, нута, чины — 0,5. При отборе из мешков образцов продукции масличных культур их масса должна составлять (кг): для подсолнечника — 0,7; сои, клещевины — 0,5; льна, мака, горчицы, рапса, сурепицы, рыжика — 0,25.

Растительные образцы зеленой массы отбирают во время уборки урожая по диагонали каждой делянки и в каждом повторении с таким расчетом, чтобы масса общей пробы была в пределах 3—5 кг. Затем зеленую массу измельчают на отрезки размером 2—3 см, тщательно перемешивают и из нее отбирают две средние пробы по 0,5 кг для различных анализов.

При уборке кукурузы на силос в фазе молочно-восковой спелости зерна отдельно на каждой делянке отбирают пробы початков и листостебельной массы — соответственно 4 и 8 кг. Эти пробы сразу же измельчают на отрезки длиной 4—6 см, из измельченной массы отбирают образец массой 0,5 кг для определения влажности и проведения химических, анализов. Когда масса одного растения кукурузы или другой силосной культуры достигает 1 кг и более, растительные пробы с таких посевов отбирают следующим образом. Перед уборкой на делянке выделяют 6—8 типичных растений, их срезают и расчлениают на отдельные фракции — стебли, листья, соцветия и початки. Затем каждую фракцию взвешивают, измельчают и согласно процентному соотношению массы отдельных фракций формируют объединенную пробу массой 2 кг, из которой отбирают два растительных образца по 0,5 кг.

Отобранные растительные образцы силосной и зеленой массы, предназначенные для химических анализов, немедленно фиксируют в термостате с температурой 80—90 °С в течение 30 мин для того, чтобы прекратились все ферментативные и микробиологические процессы, свойственные живому растительному организму.

Сноповые образцы на посевах зерновых колосовых, бобовых и крупяных культур сплошного посева отбирают за день до

уборки урожая на ранее зафиксированных и используемых для определения густоты насаждения участках площадью 1 м . Все растения (культурные и сорняки) вырывают или выкапывают, укладывают в сноп, который перевязывают шпагатом в двух местах. К снопу привязывают этикетку с указанием варианта, повторности и даты отбора снопового образца.

Анализ зерна и семян

Масса 1000 зерен (семян). Этот показатель определяют взвешиванием с точностью до 0,01 г двух навесок по 500 зерен (семян). Если расхождение между результатами взвешивания взятых навесок превышает 3 %, из зерновой пробы отбирают и взвешивают третью навеску. Затем определяют среднее арифметическое всех взвешиваний. После определения средней массы 1000 зерен (семян) при физической влажности ее пересчитывают на стандартную влажность зерна (семян) по формуле

$$M = M_i (100 - v) / (100 - B),$$

где M_i — средняя масса 1000 зерен (семян) при физической влажности; v — влажность зерна (семян) на период взвешивания (физическая влажность), %; B — стандартная влажность зерна (семян), %.

Натура, или объемная масса зерна (семян). Натура характеризуется массой зерна (семян) в объеме 1 л. Ее определяют с помощью специальных весов — пурок разного объема — 0,25; 0,5 или 1 л. Для определения натуры из заранее заготовленного для анализов образца отбирают при наличии пурки объемом 1 л две пробы по 1 кг зерна (семян), при наличии пурок объемом 0,25 или 0,5 л массу каждой пробы уменьшают соответственно до 0,25 и 0,5 кг. После очистки от различных примесей зерно помещают в пурку и взвешивают с точностью до 1 г. Если разница между взвешиваниями двух навесок из одного варианта превышает 5 г (для овса 10 г), то для определения натуры необходимо использовать третью повторность.

Содержание проросших зерен (семян). Для определения

этого показателя из одного образца отбирают две навески по 50 г каждая, из них выделяют проросшее зерно (семена) и взвешивают. Среднее содержание проросших зерен в образце показывают в процентах с точностью до 0,1 %.

Выравненность семенного материала. Для определения выравненности семян хлебных злаков из очищенного зерна берут в двух повторностях навеску, масса которой в зависимости от величины партии семян составляет 100—500 г. Отобранную навеску просеивают на колонке сит с продолговатыми прямоугольными отверстиями. Разница в ширине отверстий соседних сит в этом наборе 0,2 мм. Оставшееся после просеивания на каждом сите зерно взвешивают. Затем выбирают показатели двух соседних сит, где осталось больше всего зерна, суммируют и по полученному результату рассчитывают процентное содержание этих семян в анализируемой навеске. Это и есть процент выравненности семян.

Всхожесть семян. Из анализируемой партии семенного материала в четырех повторностях отбирают пробы по 100 зерновок или семян. Их раскладывают на увлажненную фильтровальную бумагу, помещенную на дно чашек Петри. Подписанные и накрытые чашки Петри помещают для прорастания семян в термостат с температурой около 20 °С. Фильтровальная бумага постоянно должна быть влажной.

Всхожесть семян определяют после постоянного для различных культур периода выдержки в термостате (сут): для семян мягкой пшеницы, ржи, ячменя, овса, проса, тритикале, кукурузы, гороха, сои, чины, горчицы, рапса, рыжика, подсолнечника, льна, конопли — 7; твердой пшеницы, гречихи, фасоли, сорго, тимopheвки — 8; риса, чумизы, кормовых бобов, люпина, нута, клешевины, мака, махорки, свеклы, моркови, тыквы, бобовых трав, житняка, овсяницы, райграса, суданской травы — 10; табака.

Проросшими считаются такие семена, у которых на время определения всхожести имеются нормально развитые росток и корешки, а главный корешок по длине не короче самого семени. Семена, которые характеризуются недоразвитыми корешками и одним стебельком или в которых корешок и росток совсем отсутствуют, а сама зерновка или семянка загнила, считаются непроросшими. Число проросших семян в пробе из 100 семян ха-

рактирует всхожесть (в %).

Жизнеспособность семян. Этот показатель оценивают по количеству живых семян в пробе, а определяют путем проращивания предварительно обработанных семян. Обработку проводят для нарушения покоя анализируемых семян, используя подсушивание и прогревание, накалывание, удаление оболочки над зародышем.

Подсушивание и прогревание можно применять для семян всех культур, однако режим этой подготовки для разных культур неодинаков.

Семена злаковых трав прогревают первые 4 ч при температуре 40 °С, а в последующие 4 ч — при 50—60 °С.

Посевная годность. Этот показатель характеризуется процентным содержанием чистых и одновременно всхожих семян в пробе. Его рассчитывают по формуле:

$$ПГ = Ч*Вс/100,$$

где Ч и Вс — чистота и всхожесть семян, %.

Сила роста. Это такой показатель качества семян, который позволяет оценить их по всхожести и способности ростков пробиться на поверхность для образования нормальных всходов. Для определения силы роста растения выращивают в сосуде с песком в течение 10 сут со дня посева в двукратной повторности. Сила роста характеризуется двумя показателями: числом всходов (в % к объему анализируемой пробы) и массой этих всходов (в г) с обязательным пересчетом на пробу из 100 семян.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Кирюшин Б.Д. Основы научных исследований в агрономии: учебник для ВУЗа. М.: КолосС, 2009.
2. Глуховцев В.В. Практикум по основам научных исследований в агрономии. М.: Колос, 2006.

Дополнительная

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд.5-е, доп. и пер. - М.: Агропромиздат, 1985.
2. Лакин Г.Ф. Биометрия. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1980.
3. Литтл Т., Хиллз Ф. Сельскохозяйственное опытное дело. Планирование и анализ / пер. с англ. под ред. Д.В. Васильевой. М.: Колос, 1981.
4. Основы научных исследований в агрономии / В.Ф. Моисейченко и др. М.: Колос, 1996.

Учебное издание

Мельникова Ольга Владимировна

**МЕТОДИКА ОПЫТНОГО ДЕЛА В АГРОНОМИИ
И МЕТОДЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ**
(курс лекций)

*Учебное пособие для аспирантов направления
подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство,
профилей: Общее земледелие, растениеводство
Селекция и семеноводство с.-х. растений
Агрохимия*

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 27.03.2018 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 5,81. Тираж 25 экз. Изд. № 5637.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ