

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I»**

С.Я. Мухортов

**ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
В САДОВОДСТВЕ**

Учебное пособие

**ВОРОНЕЖ
2017**

УДК 635:001.891 (075)

ББК 42.35 с

М 92

Рецензенты:

– Верзилин В.В. - доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры экологического образования ВГПУ;

– Коржов С.И. - доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры земледелия и агроэкологии ВГАУ.

Мухортов С.Я.

М 92 Основы научных исследований в садоводстве:
учебное пособие/ Мухортов С.Я. – Воронеж: ФГБОУ ВО Во-
ронезский ГАУ, 2017. – 345 с.

В учебном пособии приводятся особенности методики полевого опыта в садоводстве, в том числе классификация научных методов в садоводстве, особенности выбора и подготовки полевого участка под опыт, характеристика основных элементов методики полевого опыта в садоводстве, принципы и этапы планирования эксперимента в садоводстве, планирования учетов и наблюдений в опытах с садовыми культурами, техника закладки и проведения полевых опытов с садовыми культурами.

Также в учебном пособии даны основы статистической обработки результатов эксперимента, в том числе методы подготовки данных к статистической обработке, методики дисперсионного анализа, методики корреляционного и регрессионного анализов.

Ил. 21. Табл. 90. Библиограф.: 49 назв.

© Мухортов С.Я., 2017

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 2017

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие предназначено для освоения методики проведения научных экспериментов с садовыми культурами, а также для приобретения практических навыков статистической обработки экспериментальных данных. Данное пособие соответствует Государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования 2015 года и примерной программе дисциплины «Основы научных исследований в садоводстве». Последнее (по времени выхода из печати) пособие по этой теме опубликовано в 1994 году.

Целью данного пособия является обучение студентов навыкам планирования и проведения научных экспериментов с садовыми культурами, статистической обработки полученных экспериментальных данных и формулирования на основе этого выводов по результатам проведенных экспериментов.

Основными задачами данного пособия являются:

- получить представление о видах и формах научных исследований, планировании полевого и иных экспериментов, технике закладки и проведения разных видов экспериментов в садоводстве;
- приобрести навыки и знания по методам статистической обработки экспериментальных данных в зависимости от целей эксперимента;
- овладеть методами выбора оптимальной структуры разных экспериментов с садовыми культурами, оптимизации подбора элементов методики проведения экспериментов в садоводстве, подбора методов статистической обработки полученных экспериментальных данных.

Учебное пособие состоит из двух частей. В первом разделе описаны методы научного садоводства и виды экспериментов, которые возможно проводить с садовыми культурами, основные требования и структура методики разных экспериментов с садовыми культурами, общие принципы и этапы планирования эксперимента с садовыми культурами, методы определения и структура наблюдений и учетов при проведении экспериментов с садовыми культурами.

Во втором разделе приведена информация об общих понятиях вариационной статистики, ее задачах при обработке экспериментальных данных, о сущности и основах методов дисперсионного анализа, корреляционного и регрессионного анализов. Представлены варианты статистической обработки данных экспериментов, заложенных разными методами, а также дано описание ковариационного анализа и пробит-анализа.

В учебном пособии приведены список отечественной и зарубежной литературы, использованной при написании данного пособия, и словарь терминов, которые могут быть использованы для самостоятельного изучения данной дисциплины.

РАЗДЕЛ 1. МЕТОДИКА ПОЛЕВОГО ОПЫТА В САДОВОДСТВЕ

ГЛАВА 1. ПОНЯТИЯ И ПРИНЦИПЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Роль науки в развитии садоводства

Наука – это исторически сложившаяся и непрерывно развивающаяся на основе общественной практики система знаний о природе, обществе и мышлении, об объективных законах их развития. Наука является результатом многовекового развития познавательной деятельности человечества, активно преобразующего мир в своих интересах, и представляет собой процесс непрерывно углубляющегося познания законов реального мира.

Предмет науки – различные формы движущейся материи, а также формы их отражения в сознании человека. Исходя из фактов действительности, наука дает правильное объяснение их происхождения и развития, раскрывает существенные связи между явлениями, вооружает человека знанием объективных законов реального мира в целях их практического применения. Для науки характерны диалектическое сочетание процессов ее дифференциации и интеграции, развитие фундаментальных и прикладных исследований. В условиях научно-технической

революции сложилась единая система «наука-техника-производство».

Общая классификация современных наук основана на взаимосвязи трех главных разделов научного знания: естествознания, общественных (социальных) наук и философии. Каждый из них представляет собой комплекс наук. Например, естествознание включает в себя естественно-математические, технические, сельскохозяйственные и медицинские науки. Науку можно рассматривать в пяти аспектах: как специфическую форму общественного сознания, основу которой составляет система знаний; как процесс познания закономерностей объективного мира; как определенный вид общественно-го разделения труда; как один из важнейших факторов общественного развития; как процесс производства новых знаний и их использования.

Основной признак, главная функция и цель науки - познание объективного мира. Материалистический взгляд на науку определяет ее преемственность, основанную на обобщении человеческой практики. Наука развивается на базе знаний, накопленных предыдущими поколениями.

Преемственность – важный фактор и закономерность в развитии науки. Последующие поколения овладевают всей совокупностью накопленных научных знаний. Для этого они используют материалы, в которых научные данные обработаны и систематизированы. Поэтому для развития науки каждое поколение ученых должно не только получать новые научные данные, но и проводить огромную работу по систематизации всей суммы знаний своего и всех предшествующих поколений.

Преемственность в развитии науки неразрывно связана с ее интернациональным характером. Большинство научных открытий и изобретений было сделано в результате труда ученых, работающих в разных странах мира.

Другая важная закономерность развития науки – взаимодействие ее отдельных отраслей, на основе которого возникают и развиваются новые науки. Это взаимодействие характерно не только для далеко отстоящих одна от другой наук, но и для самых различных пограничных областей знаний.

Особенно сильное взаимодействие наук происходит на

современном этапе развития в условиях постоянной и все более усиливающейся их дифференциации и специализации. В настоящее время общая сумма знаний, накопленных даже в какой-либо одной отрасли, растет значительно быстрее возможности их усвоения каждым ученым. Поэтому ученые вынуждены сосредоточивать свои усилия на изучении все более узких разделов той или иной науки, что неизбежно ведет к ее делению на самостоятельные научные дисциплины.

Внутренняя логика научного исследования такова, что чем больше ученый знает о предмете своего исследования, тем больше он выявляет новых аспектов этого предмета и его связей с другими, тем шире становится фронт исследований. Неизбежно наступает момент, когда ученый выбирает какой-то определенный участок исследования и превращается в еще более "узкого" специалиста. Таким образом, дифференциация и специализация науки есть следствие и в то же время непрерывное условие ее развития.

Дифференциация и специализация науки – это объективно действующая закономерность. Но она имеет и свою отрицательную сторону – рост обособленности ученых. Представителям разных научных специальностей даже в пределах одной отрасли становится все труднее понимать друг друга. Кроме того, "узкие" специалисты начинают терять общую ориентацию во всей системе научных знаний и в разнообразных явлениях природы. Эта исключительно важная и трудная проблема частично решается взаимопроникновением наук, их интеграцией. Основную роль здесь должна сыграть информатика, с помощью которой можно создать надежные каналы связи между разными науками, обеспечить систематический обмен научными данными между ними и снабдить ученых всех специальностей эффективными средствами ориентации в расширяющейся и усложняющейся системе знаний.

Закон ускоренного развития можно представить экспоненциальной зависимостью. Статистический анализ показал, что характер научной деятельности за последние 250 лет удовлетворяет этой зависимости. Через каждые 10-15 лет все показатели удваиваются. Поэтому считают, что основным законом развития науки является экспоненциальный.

Ряд ученых полагают, что экспоненциальный закон развития науки со временем должен измениться. Научно-технический прогресс не может непрерывно возрастать такими стремительными темпами. Замедление темпа будет обусловлено ограниченностью людских ресурсов, бурным потоком информации, недостаточностью ассигнований на научные исследования и др. Поэтому считают, что показатели научных исследований будут изменяться во времени медленнее.

Характерная особенность современной науки заключается в том, что она превращается в сложный и непрерывно растущий социальный организм, в наиболее динамичную, подвижную производительную силу общества. Развитие науки становится теперь исходным пунктом для революционирования практики, создания новых отраслей производства. Наука выступает как производительная сила общества, что проявляется в глубоких изменениях взаимодействия между наукой и производством. Во-первых, многие новые виды производства и технологические процессы первоначально зарождаются в недрах науки. Яркие примеры – развитие химической технологии, атомной энергетики. Во-вторых, сокращаются сроки между научным открытием и его внедрением в производство. Так, со времени открытия электричества или фотоэффекта до их практического применения проходили десятилетия, сейчас же исследования в области полупроводников, лазеров внедряют в производство всего через несколько лет. В-третьих, в самом производстве успешно проводятся научные исследования. Предприятия превращаются в научно-производственные объединения, занимающиеся наряду с конструированием и производством продукции также и научными разработками. В-четвертых, резко поднялся профессиональный уровень рабочих и инженерно-технических работников, что позволяет им широко использовать научные знания в процессе производства.

Решение стоящих перед наукой задач заключается в эмпирическом изучении факторов, теоретическом их обобщении с помощью абстрактного мышления и практической проверке соответствующих положений и выводов.

Научная деятельность – это получение знаний, организа-

ция взаимодействия между различными их областями и отраслями, хранение и распространение научных данных. Научная деятельность включает в себя несколько видов: научно-техническую, направленную на комплексное решение научно-технических проблем; изобретательское творчество, ориентированное на создание техники и технологий, отвечающих мировым стандартам; инженерную, задача которой – применение научных знаний для разработки новой техники и управления процессом ее изготовления и эксплуатации, т. е. организацию цикла "наука - техника - производство".

Наука играет в производственном процессе все более важную роль, превращаясь в непосредственную производительную силу. Во-первых, научные достижения систематически используют для совершенствования орудий и предметов труда, технологии производства, создания изделий, удовлетворяющих новым общественным потребностям. Во-вторых, по мере индустриализации различных сфер общественной деятельности наука способствует сбережению и преобразованию труда во всех областях (в сфере услуг, медицине, управлении, в быту и т. д.). В-третьих, сферой приложения науки становятся не только орудия и предметы труда, но и методы организации деятельности. Дело в том, что достижения науки и техники воплощаются не только в продуктах труда, но и в знаниях, умении и навыках людей. Поэтому наука все более тесно соединяется с обучением кадров. В-четвертых, формируется единая по целям, экономическим отношениям и формам организации труда система "наука - техника - производство - обслуживание".

Социально-экономическая значимость науки определяется прежде всего эффектом, который приносит ее конечный продукт – нововведение. Нововведение (инновация) – это разработка, создание и распространение новых изделий, технологий, форм и результатов организации производства, труда и управления, которые дают научно-технический, экономический и социальный эффект.

Особенности научной деятельности связаны со спецификой предмета, средств труда и самого трудового процесса. Непосредственным продуктом науки являются специальные

интеллектуальные средства, понятия, математические и экономические модели, теоретические конструкции, знаковые системы, наглядные графические образцы и т. д. Эти средства содержат новые знания и обеспечивают одинаковое их понимание и освоение. Продукт научной деятельности отличается индивидуальным характером, неопределенностью затрат и времени, необходимых для его получения, а также сферой и эффективностью его использования. Затраты труда и расходы на первоначальное открытие и последующее воспроизводство продукта науки резко различаются.

Предмет труда в науке – информация, созданная предшествующими поколениями исследователей и воплощающая общественные затраты на развитие смежных отраслей науки и образования. Трудовой процесс в науке связан с использованием специфичных, более или менее стандартных приемов и методов получения, обработки и оценки информации. Для научных работников характерны индивидуальные способности, не воспроизводимые в массовом масштабе и прямо не зависящие от длительности обучения.

1.2. Краткая история опытного дела в садоводстве

Исследования в плодоводстве. Опыт садоводства начал создаваться с появлением садов еще до нашей эры: в Средней Азии – за 5 тыс. лет, в Вавилоне и Ассирии – за 3 тыс., в Китае – за 2 тыс., в Крыму – за 700 лет. Описание опыта выращивания садов в Древнем Риме имеется в трудах римских агрономов Катона, Колумеллы и др.

В Киевской Руси садоводство было хорошо развито при монастырях и на княжеских землях в XV-XVI вв.

В конце XVIII и начале XIX в. опытное дело в России развивал известный исследователь-садовод А.Т. Болотов, опубликовавший более 450 работ. Он описал сотни местных сортов яблони и груши, высказал ценные идеи и дал советы по плодоводству, актуальные и в наше время.

В начале XIX в. Р.И. Шредер, главный садовник Петровской (ныне Тимирязевской) академии, обобщил опыт садоводства и питомниководства в России в работе «Русский огород,

питомник и сад».

В 1812 г. в Ялте был создан Никитский ботанический сад, который вырос в крупное научно-исследовательское учреждение. С середины XIX в. интересные исследования начали проводиться в Уманском, Никитском и Пензенском училищах садоводства.

В конце XIX и начале XX в. огромную опытную работу по садоводству проводил в г. Козлове (ныне Мичуринск) И.В. Мичурин. Здесь были созданы Центральная генетическая лаборатория и Всесоюзный НИИ садоводства – крупные научные учреждения России. В этот же период работал выдающийся ученый-помолог В.В. Пашкевич, который заложил в Умани помологический сад, описал лучшие сорта яблони и груши.

Значительный вклад в разработку научного плодородства внес проф. П.Г. Шитт, заведовавший кафедрой плодородства сначала в Уманском СХИ, а затем в Тимирязевской академии. Он разработал методику изучения корневых систем и провел уникальные исследования корней плодовых растений, создал экспедиционный метод обследования садов, обобщил опыт садоводства дореволюционной России.

Вопросами плодородства в России занимается свыше 100 научных учреждений, главные среди них – Всероссийский НИИ садоводства им. И.В. Мичурина, Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства, Всероссийский НИИ селекции плодовых культур, Всероссийский НИИ растениеводства с отделом плодородства, зональные НИИ садоводства и др. Отечественные селекционеры вывели более 1500 ценных сортов плодовых и ягодных культур. Эти сорта испытывались на многочисленных сортоиспытательных участках в различных зонах плодородства.

Большая научно-исследовательская работа проводится также в сельскохозяйственных вузах.

Исследования в овощеводстве открытого грунта. Опыт выращивания овощных культур совершенствовался параллельно развитию самого овощеводства, которое зародилось на Руси еще в V в. и достигло сравнительно высокого уровня в XI-XV вв.

Начало опытного дела в овощеводстве связано с организацией аптекарских огородов в XVII и начале XVIII вв. в Москве

и Петербурге. Накопившийся к началу XIX в. опыт возделывания овощей в России был обобщен в работе Р.И. Шредера «Русский огород, питомник и сад».

Видный ученый-овощевод XIX в. Е.А. Грачев вывел более 200 сортов овощных культур и картофеля. Он применил метод «приучения» овощных растений к холоду. Его сорта многократно награждались премиями и медалями на международных выставках, за что Е.А. Грачев был избран членом Парижской академии сельского хозяйства.

В конце XIX в. вышли в свет «Научные труды по овощеводству», в которых проф. Н.И. Кичунов описал опыт овощеводства под Киевом, Одессой и Петербургом.

Большие заслуги в развитии опытного дела во второй половине XIX и начале XX в. принадлежат М.В. Рытову – основателю русского научного огородничества. В трудах по овощеводству он указал на роль местных сортов в поднятии урожая овощных культур, на значение отбора в создании новых сортов и на роль погоды в формировании урожая овощей и качества семян.

В 1930 г. в г. Мытищи Московской области был создан первый в России научно-исследовательский институт овощного хозяйства. В настоящее время в России проблемами овощеводства занимается Всероссийский НИИ овощеводства, Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур, имеющих разветвленную сеть опытных станций. Активная научно-исследовательская работа ведется также и в сельскохозяйственных вузах.

Исследования в овощеводстве защищенного грунта. На Руси опыт возделывания овощных и даже бахчевых культур в защищенном грунте составляет по времени более пяти веков. Так, летописи свидетельствуют, что еще в начале XVI в. к царским столам подавались в изобилии десятки тысяч огурцов и тысяча парниковых дынь высоких вкусовых достоинств. Еще раньше парники использовали для выращивания рассады овощных культур.

Для развития овощеводства защищенного грунта, особенно парникового хозяйства, большое значение имели труды проф. Н.И. Кичунова, изданные в 1914 г., в которых он обоб-

щил опыт овощеводства защищенного грунта.

В 1914 г. выходит книга проф. М.В. Рытова «Огородничество в защищенном грунте», где впервые наиболее полно был обобщен имевшийся на тот период опыт. В это же время ряд книг по защищенному грунту издает проф. П.Н. Штейнберг. Его работа «Парники и рассадники» выдержала семь изданий.

Основательные работы по овощеводству защищенного грунта стали проводиться в связи с созданием Научно-исследовательского института овощного хозяйства.

С 1930 по 1940 г. парники стали переводить с биологического обогрева на водный, а затем и на электрический обогрев. В этот же период вводятся в действие и первые тепличные комбинаты.

Первые работы по методике постановки опытов в защищенном грунте были выполнены И.Е. Емельяновым (1941). Массовое строительство крупных тепличных комбинатов, которое началось с 1960 г., способствовало интенсивному развитию тепличного овощеводства от юга нашей страны до Крайнего Севера.

В послевоенное время эффективные способы выращивания рассады овощных культур в защищенном грунте были разработаны акад. В.И. Эдельштейном и его учениками. Пионером приполярного овощеводства защищенного грунта стал акад. И.Г. Эйхвельд, а его продолжателем – Г.З. Берсон.

В 1956 г. В.М. Марков и М.А. Тиброва опубликовали работу «Методика полевых опытов с овощными культурами», небольшой раздел которой был посвящен проведению опытов в теплицах и парниках. Несколько позже выходит работа В.А. Чеснокова и др. (1960), в которой излагается опыт культивирования растений без почвы. В это же время Д.Д. Брежнев (1963) описывает технологию выращивания свежих овощей в зимнее время и систему семеноводства овощных культур защищенного грунта.

Теоретические основы питания овощных культур в теплицах и подбора питательных смесей изложил З.И. Журбицкий (1968). Большое внимание он уделил гидропонному способу выращивания растений. Значительный вклад в разработку основ овощеводства защищенного грунта и главных элементов технологии внесла С.Ф. Ващенко. Методику исследований в

теплицах совершенствовались Т.А. Набатова, Б.А. Доспехов, С.Ф. Ващенко. Этому вопросу посвящены работы В.И. Алексашина, В.Ф. Белика, Г.Л. Бондаренко и др.

Исследования в виноградарстве. Началом опытного дела в виноградарстве следует считать 1828 г., когда на Южном берегу Крыма, недалеко от Ялты, в живописном уголке Магарач были заложены первые в России опытно-показательные виноградники. Это опытное учреждение стало родиной российской ампелографии. Лучшие сорта винограда начали распространяться отсюда в другие виноградарские районы России.

Вторым знаменательным событием, способствовавшим развитию опытного дела в виноградарстве, было открытие в 1905 г. в Одессе Центральной научно-опытной винодельческой станции. Основателем ее был В.Е. Таиров. В 1910 г. на станции были заложены опытные виноградники, началось изучение сортов, подвойно-привойных комбинаций, проводились работы по формированию кустов и подготовке почвы под виноградники.

В 1936 г. в Новочеркасске организуется Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия – центр российского научного виноградарства.

Разработаны рекомендации по специализации виноградарства по зонам и районам, сортовому районированию, агротехническим комплексам по зонам виноградарства, механизации трудоемких процессов и т. д.

Исследования по хранению продукции. Изучение возможностей хранения плодов имеет более чем вековую историю. Первые опыты по хранению плодов в нашей стране проведены в 1913 г. Я.Я. Никитинским, С.С. Загорянским, Ф.В. Церевитиновым. Особого размаха достигли эти исследования после разработки метода хранения в регулируемой газовой среде (РГС), позволяющего значительно удлинить сроки хранения, а следовательно, и использования плодов в свежем виде. В Великобритании в РГС хранят до 70% продукции, предназначенной для длительного хранения. Метод широко изучается в нашей стране, строятся помещения для производственного хранения плодов в РГС, разрабатывается технология хранения в пленочных упаковках.

Изданы рекомендации ученых по хранению плодов: Е.И. Требушенко (1969), А.М. Ульянова (1971), А.М. Колесник (1973), В. Д. Игнатьева, Е.И. Требушенко и др. (1974), рекомендации МСХ по хранению плодов в фруктохранилищах (1977). Методические указания ВАСХНИЛ «Проведение исследований по хранению плодов, ягод, винограда» (1983) написаны ведущими в этой области учеными Е.П. Франчук, А.А. Колесниковым, В.М. Найченко, Г.С. Гайдаем, С.Ю. Джениевым, А.М. Ульяновым, Ф.А. Волковым и др. Устанавливаются оптимальные условия хранения овощей в крупных хранилищах.

1.3. Терминология

Прежде чем перейти к рассмотрению видов научной деятельности необходимо уяснить сущность основных понятий и терминов, применяемых в научных исследованиях.

Опытное дело в садоводстве – это научно-исследовательская работа, основная задача которой заключается в разработке теории и практики повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, качества продукции при минимальных затратах труда и средств.

Научные исследования, эксперименты проводятся как в поле, так и в вегетационных домиках, теплицах, фитотронах.

Опыт, эксперимент в садоводстве – это искусственное создание различных условий для исследуемых растений с целью выявления наиболее эффективных вариантов в процессе учетов и наблюдений. Вариантами называют те различные условия, при которых выращивают растения в опытах. Вариантами могут быть отдельные агроприемы, элементы технологий и даже разные технологии, набор сортов, различные почвы, склоны. Различия между вариантами должны быть такими, чтобы между растениями можно было найти существенную, статистически доказуемую разницу. Например, это разница 30 кг/га между дозами последующего и предыдущего вариантов в опытах с удобрениями, разница 2-3 см между вариантами в опытах с глубиной вспашки, различия на 0,25-0,30 дозы в опытах с пестицидами и т. п. Среди многих вариантов опыта один или несколько являются контрольными, с ними сравни-

вают все остальные варианты.

Контрольный вариант – это, как правило, условия агротехники, рекомендованные научными учреждениями конкретной зоны для данного хозяйства в период постановки опыта. Такие рекомендованные условия агротехники считаются в хозяйстве лучшими по урожайности и качеству продукции. Так, если под томат дозы вносимого азота составляли 60 кг/га, то среди пяти вариантов (30, 60, 90, 120, 150 кг/га) доза 60 кг/га должна быть контрольной, с ней сравнивают все остальные варианты. В данном опыте эта доза является производственным контролем. Иногда в научных целях используют абсолютный контроль: в опытах с дозами удобрений – вариант без удобрений; с пестицидами – вариант без пестицидов; в опытах с орошением – вариант без орошения. В опытах с изучением глубины обработки почвы в качестве контроля берут ту глубину, на которую раньше обрабатывали почву в данном хозяйстве. В опытах с изучением предшественников контрольным вариантом будет наиболее распространенный и наилучший в структуре посевных площадей предшественник.

При сортоизучении вариантами опыта являются наборы сортов. Понятие «контрольный сорт» заменяют на понятие «стандарт».

Стандарт – лучший сорт среди районированных и наиболее распространенных, с которым сравнивают остальные изучаемые сорта. Так, среди сортов белокочанной капусты Горлица, Касатка, Малайка, Харьковская зимняя, которые выращивают в лесостепной зоне, стандартом может быть сорт Харьковская зимняя.

С контрольным вариантом агротехнического опыта и со стандартом в сортоиспытании сравнивают все остальные варианты или сорта.

Схема опыта – это перечень логично подобранных вариантов с определенными контролями (стандартами), объединенных конкретной темой, идеей. Так, для темы «Изучение предшественников капусты белокочанной» в лесостепной зоне схема опыта (предшественники) может быть такой: 1) однолетние травы; 2) многолетние травы; 3) огурец; 4) бобовые культуры; 5) томат. При изучении сортов в схему опыта

включают не только районированные, но и перспективные сорта. Агротехнические приемы, технологии и сорта изучают в пределах экспериментальных единиц, т. е. на опытных делянках.

Опытная делянка в полевых опытах – это земельная площадь прямоугольной формы определенного размера, на которой изучают только один из вариантов опыта – агроприем, технологию, сорт и т.д. Так, в опытах с предшественниками томата на опытной делянке может быть лишь один из предшественников, при изучении сортов – один из сортов, входящих в схему опыта. Опытные делянки состоят из учетной части, которая находится внутри, и защитной, которая ограничивает ее снаружи (рис. 1).

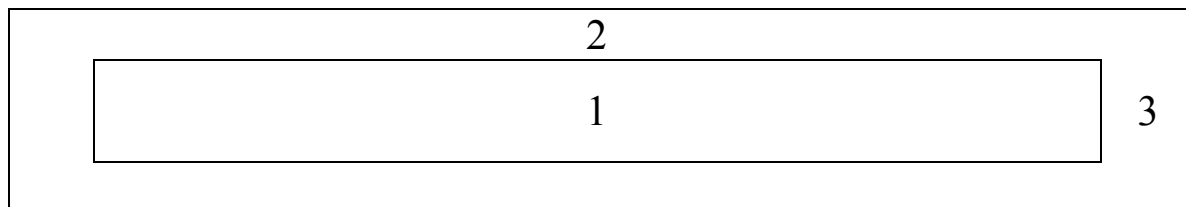


Рис. 1. Опытная делянка: 1 - учетная часть; 2, 3 – продольная и поперечная защитные части

Все учеты и наблюдения проводят на учетной части делянок, которая является элементарной учетной единицей в опытах. Защитную часть (полосы) выделяют для того, чтобы исключить взаимное влияние вариантов. Ширина продольных защитных полос (защиток) обычно составляет 1,0-1,5 м. Однако в опытах с орошением, пестицидами, которые может сдувать ветер при их внесении, ширину продольных защиток необходимо увеличивать до 2-3 м. Поперечные защиты используют не только для исключения взаимного влияния вариантов, но и для разворота почвообрабатывающих, посевных и уборочных агрегатов, поэтому их ширина должна обеспечивать нормальный разворот сельскохозяйственных машин и орудий. Еще более широкими делают защиты вокруг всего опыта.

Повторность опыта – число делянок в каждом опыте с

одинаковым содержанием вариантов, т. е. с одинаковыми агротехническими приемами или сортами растений. Плодородие почвы имеет территориальную изменчивость: в одном месте оно выше, в другом - ниже. Если варианты не повторять в пространстве, то одни из них окажутся в лучших условиях плодородия почвы, другие - в худших. В таком случае будет нарушен основной принцип опытной работы – объективность результатов. Все варианты опыта повторяют несколько раз, чтобы получить статистически достоверную оценку результатов исследований (рис. 2).

Повторение - это часть площади опыта с полным набором вариантов согласно схеме опыта.

Повторность опыта необходимо соблюдать не только в пространстве, но и во времени.

Достоверность опыта методическая – это четкое соблюдение всех методических требований: планирование опыта на современном уровне знаний, правильный выбор условий и объектов исследований, безошибочное закладывание и проведение опытов, правильный выбор и применение соответствующих методов статистической обработки данных, а также объективное обобщение результатов исследований.

I				II				III			
1	3	4	2	4	1	2	3	2	4	3	1
30	90	120	60	120	30	60	90	60	120	90	30

Рис. 2. Повторность и повторение в опыте с дозами минеральных удобрений: арабскими цифрами обозначены варианты, римскими – повторения; повторность в опыте равна трем; 30, 60, 90, 120 – дозы удобрений, кг д. в. на 1 га

Достоверность опыта статистическая состоит в определении достоверности (существенности) разниц между средними арифметическими значениями (\bar{x}), корреляций (r), регрессий (D) и др. с помощью статистических критериев (t , F) и существенных наименьших разностей НСР.

Ошибка опыта (наблюдения) – разница между действительным значением исследуемого показателя и результатами исследований. Эту ошибку выражают в тех же самых единицах, что и изучаемый показатель, и обозначают S_x .

Относительная ошибка опыта (наблюдения) – это ошибка опыта, выраженная в процентах по отношению к среднему арифметическому значению, обозначается $S_{x\%}$.

Точность опыта – величина, обратная его ошибке. Чем ниже относительная ошибка опыта, тем выше его точность. При значении $S_{x\%}$ более 7% точность опыта считается неудовлетворительной.

Корреляция – взаимное соотношение показателей в опыте, их зависимость между собой. Например, зависимость массы урожая от атмосферных осадков (простая, парная корреляция) или же зависимость массы урожая от атмосферных осадков, температуры воздуха, его влажности, удобрений и т.п. (множественная корреляция). Эти зависимости выражаются коэффициентом корреляции, который обозначается буквой r .

Регрессия – степень и характер изменения одного из показателей в опыте на единицу измерения другого. Например, увеличение или уменьшение массы урожая моркови на 100 кг внесенных удобрений; колебание сахаристости кочанов белокочанной капусты в процентах при изменении урожайности на 1 т. Регрессия обозначается K_{xy} . С увеличением одного из показателей второй также может увеличиваться, тогда мы встречаемся с прямолинейной корреляцией. Но бывают и такие явления, когда с постоянным увеличением доз удобрений урожайность сначала увеличивается, затем стабилизируется на одном уровне, а потом снижается. Такая зависимость называется криволинейной.

Методы размещения вариантов в опытах подразделяются на случайные (рэндомизированные), то есть выбранные по жребию; систематические – варианты размещаются в последовательности, которая указана в схеме опыта; стандартные, когда контрольный вариант размещается рядом с опытным.

1.4. Принципы научного исследования

Планирование – важнейшая функция управления. Это прежде всего выбор целей развития управляемого объекта и стратегия их достижения, включая определение программы и образа действий, средств и ресурсов, сроков и исполнителей работ. При планировании необходимо предвидеть, какие решения могут потребоваться в будущем, и выбрать оптимальные. Поэтому планирование можно рассматривать как процесс, с помощью которого возможности и ресурсы производственной или иной хозяйственной системы приспособляют к изменениям внешних и внутренних условий.

Планирование деятельности научных организаций – это система расчетов и эффективного опережающего воздействия на информационные, технические, организационные, правовые и социально-экономические отношения, которые складываются в процессе всей работы данной организации. При управлении деятельностью научного учреждения выделяют планы: научной организации; по отдельным темам; научных, конструкторских и других подразделений; научных сотрудников, конструкторов, инженерно-технических работников и служащих.

Целями планирования являются: выбор направлений и тематики научных исследований и разработок; определение направлений развития научных организаций и их подразделений; уточнение программы и последовательности работ; расчет потребности в средствах и ресурсах; выбор исполнителей; определение сроков достижения промежуточных и конечных целей.

Планирование деятельности научной организации разделяют на тематическое, технико-экономическое и социальное, объемно-календарное, оперативное.

При *тематическом планировании* определяют направления и тематику научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, их номенклатуру, оценивают научно-технический уровень и эффективность тем, выбирают оптимальные. Указывают также сроки и сметную стоимость работ (в том числе на планируемый период), исполнителей, ожидае-

мый экономический эффект.

Тематические планы конкретизируют в календарных (по темам и подразделениям) и оперативных (для исполнителей).

В планах технико-экономического развития отражены направления и тематика научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, их технико-экономические результаты, ресурсы, достижения коллектива. Структура комплексного плана включает в себя два раздела: основные показатели технико-экономического развития научной организации, объединенные в ряд групп; мероприятия, обеспечивающие достижение плановых показателей. Иногда в таких планах предусматривают поисковые и инициативные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Объемно-календарное и оперативное планирование способствует выполнению тематического плана научной организации по всей номенклатуре в заданные сроки и достижению показателей, предусмотренных планом технико-экономического и социального развития. Задачи планирования: дифференциация тем на подтемы, разделы, этапы, подэтапы и работы; доведение заданий до отделов, лабораторий, групп и конкретных исполнителей; определение сроков выполнения отдельных элементов и работ в целом с учетом мощности и загрузки каждого подразделения и исполнителя.

В процессе *объемно-календарного планирования* определяют структуру каждой темы, план и перечень конкретных работ для различных уровней (научной организации, отделов, лабораторий, секторов, групп); проводят укрупненные расчеты трудоемкости по темам и их структурным элементам для подразделений; разрабатывают календарные планы-графики выполнения работ по каждой теме; определяют календарные сроки выполнения подразделениями плановых заданий; уточняют объемно-плановые расчеты по подразделениям, учитывая календарное распределение работ по темам и исполнителям; разрабатывают сводные оптимизированные календарные планы деятельности научной организации.

Сетевое планирование – метод календарного планирования, с помощью которого можно четко выявить связи между отдельными работами в сложных программах, установить их

наиболее рациональную последовательность и сроки выполнения.

Комплексные научно-технические программы различных уровней получили распространение в практике планирования развития науки и техники. Это связано с рядом тенденций, характерных для современной науки и техники: межотраслевым и межведомственным характером большинства современных научно-технических проблем; возрастанием их комплексности; необходимостью непрерывного сквозного управления процессами создания, освоения, производства и потребления новой техники; увеличением масштаба научной деятельности; удорожанием исследований и разработок и необходимостью строгого отражения конечных целей и результатов в планах.

Для реализации системного подхода к решению конкретных научно-технических проблем требуется сформировать комплекс взаимообусловленных программ, направленных на достижение заданных социально-экономических целей. Метод управления, при котором создают такие программы, называют *программно-целевым*. *Программно-целевое управление* дает возможность выполнить планы по науке и технике от цели до конечных результатов и подготовить для каждой научно-технической проблемы комплексную программу ее решения на разных уровнях: в рамках народного хозяйства в целом, его отраслей, регионов, предприятий и объединений, отдельных научно-исследовательских институтов.

Главным критерием эффективности научных исследований являются результаты. Их оценивают тем выше, чем выше научность выводов и обобщений, чем они достовернее и эффективнее. Полученные результаты служат основой для новых научных разработок. Одно из важнейших требований, предъявляемых к научному исследованию, – научное обобщение, исходя из которого устанавливают зависимость между изучаемыми явлениями и процессами, делают выводы.

В структуре научных исследований различают научные направления, проблемы и темы. Под *научным направлением* понимают сферу исследований коллектива, посвященных решению каких-либо крупных, фундаментальных теоретико-экспериментальных задач в определенной отрасли науки. Эф-

фективность работы во многом зависит от того, насколько правильно обосновано научное направление.

Под *проблемой* понимают сложную перспективную научную задачу, которая охватывает значительную область исследования. Экономический эффект от решения задачи иногда можно определить только ориентировочно, так как цель работы более общая - сделать открытие, научные выводы, обеспечивающие ускорение процесса общественного производства.

Проблема состоит из ряда тем. *Тема* – это научная задача в определенной области исследования. Результаты решения имеют не только теоретическое, но главным образом практическое значение, поскольку можно сравнительно точно установить ожидаемый экономический эффект. При разработке темы выдвигают конкретные задачи исследования.

Постановка (выбор) проблем или тем включает в себя ряд этапов:

I этап – формулирование проблем. На основе анализа и с учетом направления исследования формулируют основную проблему и определяют в общих чертах ожидаемый результат.

II этап – разработка структуры проблемы. Выделяют темы, подтемы, вопросы. По каждой теме выявляют ориентировочную область исследования.

III этап – обоснование актуальности проблемы. Для этого по каждой теме обосновывают несколько возражений и на основе анализа методом последовательного приближения исключают возражения, отстаивая реальность, перспективность и своевременность изучения данной темы. Затем окончательно разрабатывают структуру проблемы и обозначают условным кодом темы, подтемы и вопросы.

К теме предъявляют ряд требований. Одно из основных – ее актуальность. Критерия для установления степени актуальности пока нет. Сравнивая две темы теоретических исследований, каждую из них может оценить крупный ученый данной отрасли или научный коллектив. При оценке актуальности прикладных научных разработок, как правило, ошибок не возникает: более актуальной считают ту тему, работа над которой дает больший экономический эффект.

Важный критерий – новизна темы. Он означает, что тема

в данной постановке никогда не разрабатывалась и в настоящее время не разрабатывается. Однако новизна должна быть не инженерной, а научной, т. е. принципиальной, хотя грань между научными и инженерными исследованиями с каждым годом становится менее заметной. Если решают пусть даже новую задачу, но на основе уже открытого закона, то это область инженерных, а не научных разработок.

Тема должна быть экономически эффективной и значимой. Необходимо, чтобы любые прикладные исследования давали экономический эффект в народном хозяйстве, который определяют уже на стадии выбора темы. При теоретических исследованиях более важной может быть значимость темы, т.е. она должна быть престижна для отечественной науки или может служить фундаментом для прикладных исследований.

Тема должна соответствовать профилю научной организации и его материальной базе. Специализация способствует накоплению опыта исследований, повышению их теоретического уровня, качества и экономической эффективности, сокращению сроков выполнения работ. В работе ученых допустимы известный параллелизм и соревнование, развитие научных школ и направлений, здоровая конкуренция между коллективами.

Важная характеристика темы – реальность внедрения результатов исследования. Необходимо предварительно оценить, можно ли провести разработки в плановый срок и внедрить их в производственных условиях заказчика. Поэтому, обосновывая тему, научный работник должен хорошо знать запросы производства на данном этапе.

По приведенным критериям можно всесторонне оценить и установить пригодность тем для научных исследований. Однако в процессе разработки тем, особенно долгосрочных, могут измениться их актуальность и экономичность. Поэтому очень важны перспективность и стабильность тем. Для оценки с этой позиции недостаточно субъективных методов, и первостепенное значение приобретают численные методы – математический и экспертных оценок.

1.5. Методология научных исследований в садоводстве

Научное исследование является одним из способов получения новых данных, характеризующих объект или явление. Появляются эти данные в процессе изучения данного объекта или явления с целью выявления закономерностей их функционирования и развития, а также использования этих знаний в практической деятельности.

Главной задачей любого научного исследования является познание законов природы и поиск путей и средств использования этих знаний в практической деятельности. Структура научного исследования включает три уровня: экспериментальный, теоретический и описательно-обобщающий.

Экспериментальный уровень предполагает постановку экспериментов, накапливание фактов, анализ их, обобщение и практические выводы. Помимо этого можно использовать и мысленные эксперименты, т. е. логическое рассуждение о том, как изменится явление, процесс, если изменить условия, которые не могут быть осуществлены в действительности по техническим или другим причинам. Все эксперименты являются источником теоретических представлений.

Теоретический уровень основан на синтезе знаний и формулировании общих закономерностей в определенной области знаний. Теория представляет собой систему обобщенного знания, она объясняет те или иные стороны деятельности, иными словами, теория – это мысленное отражение и воспроизведение действительности, в том числе и эксперимента. Критериями правильности научной теории являются эксперимент и практика. Таким образом, теория используется для более глубокого понимания эксперимента, а эксперимент служит исходным материалом для создания теории. Но теория не сводится к совокупности данных экспериментов, а является качественно новой ступенью познания.

Так, в эксперименте установлена тесная корреляционная связь урожайности капусты белокочанной и значений гидро-термического коэффициента. На основе обобщения этих результатов можно составить уравнения регрессии для расчета будущего урожая на основе прогноза будущей динамики гид-

ротермического коэффициента. Это позволяет создать теорию программирования урожая, которая проверяется на практике.

Изучение потребления элементов питания плодовыми растениями дает возможность разработать теорию минерального питания.

Описательно-обобщающий уровень исследований основан на описании явлений, происходящих в природе. Это наблюдения за ростом и развитием растений в зависимости от погоды, за прохождением фенологических фаз, морозостойкостью, засухоустойчивостью и т. д. Эти наблюдения не требуют проведения экспериментов, исследователь регистрирует и обобщает лишь те явления и агрономические объекты, которые имеются в хозяйствах, не воздействуя на них.

В процессе исследований происходит познание материального мира путем наблюдений, накопления фактов и их осмысления. Познание ведется путем суждений и умозаключений.

Суждение – форма мышления, с помощью которой утверждают либо отрицают что-либо.

Умозаключение – мыслительная операция, с помощью которой из связанных между собой последовательных суждений выводят новые знания. Например, известно, что плоды яблони зимних сроков созревания сохраняются зимой лучше, чем плоды осенних сроков созревания, и что Лигол относится к сортам зимних сроков созревания. Отсюда можно заключить, что плоды сорта Лигол будут хорошо храниться зимой. Аналогично можно делать умозаключения и по другим взаимосвязанным суждениям в плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве.

Виды исследований в зависимости от цели (познавательной или практической) подразделяют на фундаментальные и прикладные. Это деление в достаточной степени условно, так как на определенных этапах фундаментальные исследования могут переходить в прикладные, и наоборот.

Фундаментальные исследования направлены на изучение явлений и законов природы, на расширение знаний об окружающем мире. В результате таких исследований создаются законченные научные работы, которые могут быть исполь-

зованы в определенной отрасли, например в отраслях сельского хозяйства – садоводстве, виноградарстве, овощеводстве, или же конкретно для семечковых, косточковых или бахчевых культур. Эти результаты используют для разработки технологий выращивания определенных культур.

При изучении новых явлений фундаментальные исследования обладают наибольшей степенью неопределенности, поэтому требуют от исследователя большого напряжения ума и интуиции.

Прикладные исследования в плодоводстве, виноградарстве и овощеводстве направлены на изучение факторов жизни растений и закономерностей связи между растением и средой, на создание перспективных сортов и подвоев, разработку эффективных приемов повышения урожая и качества продукции. Так, при изучении теплового режима плодовых растений установлено, что персик более теплолюбив, чем вишня, поэтому растения персика высаживают на более теплых склонах. Изучение биологии капусты показало, что эта культура очень требовательна к влажности почвы, поэтому ее выращивают при более высоких нормах полива. Если новая сорто-подвойная комбинация яблони оказывается более перспективной, ее используют в новых интенсивных насаждениях.

Конечная цель всех прикладных исследований – внедрение их результатов в практику. *Разновидностью прикладных исследований* являются *поисковые исследования* – поиск принципиально новых приемов возделывания плодовых и овощных культур, создание комплексно-устойчивых сортов и т. д., а также опытно-конструкторская работа.

Контрольные вопросы:

1. Что является предметом науки?
2. В чем проявляется преемственность и закономерность развития науки?
3. Назовите признаки превращения науки в непосредственную производительную силу.
4. Назовите основные этапы истории опытного дела в садоводстве.

5. Каковы цели планирования деятельности научных организаций?
6. Какие виды планирования деятельности научных организаций Вы знаете?
7. Какие три уровня включает структура научного исследования и в чем их особенности?
8. В чем различия фундаментальных и прикладных исследований?

ГЛАВА 2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ В НАУЧНОМ САДОВОДСТВЕ

2.1. Методы научного садоводства

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

2.1.1. Всеобщий метод научного исследования

Всеобщий метод применяют на всех трех уровнях исследований: экспериментальном, теоретическом и описательно-обобщающем. Это – системный подход в науке.

Работая в любой области науки, изучая любой вопрос, исследователь обязательно использует всеобщий метод, который требует рассматривать явления, объекты, предметы и все результаты исследований в их связи, взаимодействии, взаимообусловленности; в движении и изменении; во времени и пространстве; как переход количественных изменений в качественные; как борьбу противоположностей, которая ведет к развитию.

Если рассматривать основные положения всеобщего метода на примере плодовых и овощных растений, то известно, например, что между почвой и растениями существует тесная связь, от которой зависят рост и продуктивность выращиваемой культуры; плодовые и овощные растения, взаимодействуя с почвой и получая из нее питательные вещества, выделяют через корни различ-

ные соединения, оставляют в почве корневые остатки, пополняют почву органическим веществом. В этом заключается взаимосвязь почвы и растения.

Корни и надземные части растений изменяют по мере роста длину, массу и форму. Эти изменения происходят во времени: появляются проростки, стебли, листья, цветки, плоды, ягоды. Изменяются растения и в пространстве: с одной стороны опытного участка они растут лучше, с другой – хуже из-за различного плодородия почвы.

Примером накопления количественных изменений у растений и их перехода в качественные может служить следующее: яблоня, создав определенную биомассу, на третий-четвертый год начинает цвести и образует плоды (новое качество).

Борьба противоположностей наблюдается в воздействии на растения атмосферных осадков и засухи, высоких и низких температур, дня и ночи. Эти и другие противоположности так сильно влияют на плодовые и овощные растения, что последние, изменяясь во времени, одновременно и развиваются.

Системный подход используют на всех уровнях и этапах научных исследований; он позволяет совершенствовать теорию и практику опытной работы.

2.1.2. Общенаучные методы

Эти методы широко используются в науке и включают: выдвижение рабочих гипотез, эксперимент, наблюдения, анализ, синтез, индукцию, абстрагирование, конкретизацию, проведение аналогии, моделирование, формализацию, создание теории.

Гипотеза – научное предположение, предвидение новых явлений, процессов, закономерностей. Если гипотезы как новые предположения выдвигаются на основе уже известных знаний, то это будут обоснованные предположения. Например, каждый сорт плодовых, овощных и других культур имеет свои потенциальные урожайные возможности. Если сорт дает меньший урожай, то выдвигают рабочую гипотезу: возможно, недостаточен уровень минерального питания, значит, его следует повысить; режим влажности почвы не соответствует потребностям растений, следовательно, его надо изменить; необходимо увеличить число рас-

тений на гектаре и т. п. Каждую из этих гипотез выдвигают на основе того, что уже наблюдалось в практической деятельности. Если селекционеры предлагают новый сорт, то рабочая гипотеза о его перспективности выдвигается на основании характеристики этого сорта, которую дает госкомиссия по сортоиспытанию.

Кроме обоснованных гипотез иногда выдвигают и простые догадки, которые возникают на основе интуиции, профессионального чутья исследователя с большим опытом работы. Наиболее вероятные, правдоподобные гипотезы проверяют в эксперименте.

Эксперимент – это научно поставленный опыт, при котором явление вызывают искусственным путем или активно и направленно воздействуют на изучаемый объект и процессы. Исследователь ставит изучаемый объект в различные, заранее запланированные условия, и в этом заключается преимущество эксперимента. Существенно также, что изучаемые явления можно вызвать в любое время, не ожидая, пока они возникнут в природе: организовать полив, не ожидая дождя; с помощью удобрения восстановить питательный режим почвы, не ожидая, пока это произойдет естественным путем; обрезать деревья, не ожидая естественного самоизреживания ветвей и формирования кроны. Важно также, что в одном опыте можно искусственно вызывать не одно, а несколько явлений, расчлняя их в процессе проведения опыта и анализа результатов.

В эксперименте можно сравнивать не только отдельные элементы агротехники, но и целые технологии, например, интенсивную технологию выращивания культур можно сопоставить с обычной, которая применялась раньше.

Эксперимент (опыт) – это ведущий метод агрономических исследований. Чтобы выявить лучшие агроприемы или технологии возделывания той или иной культуры, используют наблюдение.

Наблюдение – внимательное изучение явлений эксперимента или природы, их количественная и качественная регистрация с целью установления лучших приемов повышения урожая и его качества.

Примеры наблюдений следующие: определение даты распускания почек, цветения, завязывания плодов, роста побегов,

листьев, созревания плодов, листопада и др. Наблюдают также за повреждением растений вредителями, поражением болезнями, морозо- и засухоустойчивостью, за динамикой питательного и водного режимов почвы, растений и т. п. Одно из главных наблюдений во всех экспериментах – учет урожая и его качества.

Все учеты и наблюдения необходимо проводить по методикам, соответствующим стандартам, пользуясь при этом приборами (весы, термометры, колориметры и др.), которые прошли проверку (делается раз в году) и контроль инспекции, подтвержденный актом.

Наблюдения за явлениями природы включают учет атмосферных осадков, температур воздуха и почвы, влажности воздуха, числа солнечных дней, дат наступления первых заморозков осенью и последних весной, начала вегетации и цветения, их конца и т. д. В результате таких наблюдений можно сделать ценные выводы о пригодности тех или иных пород и сортов для новых зон, о возможности агроклиматического районирования плодовых, овощных культур, цветочно-декоративных растений и винограда.

Анализ – мысленное или практическое расчленение предмета исследования на составные части для более детального его изучения. Так, весь опыт расчленяют на повторности, каждую повторность – на опытные делянки. Растения расчленяют на отдельные органы: корни, побеги, листья, цветки, плоды, которые анализируют раздельно. В плодах определяют содержание сахаров, кислот, витаминов и т. д. Анализ как метод исследования используют только в соединении с синтезом.

Синтез – это объединение расчлененных и проанализированных частей в единое целое для более полных выводов и обобщений. Проанализировав данные по каждой повторности, исследователь выводит средние значения по каждому варианту, т. е. объединяет делянки с одинаковыми вариантами. Анализируя каждый вариант, он объединяет их в единый опыт, по которому делает выводы, обобщения и как конечный синтез – рекомендации производству. Таким образом, анализ и синтез, как диалектическое единство и противоположность, помогают лучше определить эффективность изучаемых агроприемов и явлений.

Индукция – это метод, с помощью которого рассуждения

ведутся от фактов к конкретным выводам. Так, при увядании листьев делают вывод о недостатке влаги, при пожелтении – о нарушении минерального питания. Если в одном из вариантов опыта выявили самый высокий урожай и высокое качество плодов или ягод, то исследователь делает вывод о целесообразности внедрения этого варианта в производство. Это и есть использование метода индукции в исследованиях.

Дедукция – метод рассуждения от общих положений к выводам. Например, цветные рисунки листьев плодовых или других растений указывают на недостаток определенных элементов питания. Сравнение фактической окраски листьев с рисунками позволяет путем дедуктивного мышления прийти к выводу о недостатке конкретного элемента питания у определенных растений.

Второй пример. Имеются определители сортов плодовых культур или винограда. В саду или на винограднике встретился незнакомый сорт, который можно определить, также используя дедуктивное мышление.

Третий пример. Считается, что раствор препарата «Атлет» укорачивает междоузлия плодовых растений, вызывая тем самым увеличение числа плодовых образований у семечковых культур. Отсюда вывод – опрыскивание раствором данного препарата в определенных концентрациях может увеличивать число плодовых почек и повышать урожай.

Абстрагирование – это теоретическое обобщение опыта или мысленное выделение главного, самых существенных связей при отвлечении от всех остальных. Используют два типа абстрагирования: *отождествление* – для образования понятий о системе, о классах; *изоляция* – для выделения главного. Так, среди десятков вариантов опыта исследователь выделяет те, которые дают существенную прибавку урожая и улучшают его качество. Когда изучают образование органического вещества как результат сложных биохимических, физиологических и других процессов растения, осуществляемых с участием солнечной энергии, то, употребляя слово «фотосинтез», исследователь мысленно абстрагируется от второстепенных процессов и выделяет самое существенное в первичном создании органического вещества на Земле. Обобщение опыта почвоведения и растениеводства привело к созданию теории почвообразовательных процессов, обобщение

науки и практики агрохимии и физиологии растений позволило путем абстрагирования создать теорию минерального питания.

Третий тип абстрагирования – *абстракция идеализации*. Это мысленное представление объектов или процессов, еще не существующих в реальном мире. При этом свойства мысленно изучаемого предмета или явления доводят до идеального значения. Например, хотят вывести сорт, комплексно-устойчивый против всех болезней, вредителей, морозоустойчивый, засухоустойчивый, солеустойчивый, высокопродуктивный, с отличными качествами плодов. Абстракцию идеализации используют сначала для создания научной теории, а затем для осуществления ее на практике.

Конкретизация – метод исследования, с помощью которого от абстрактного переходят к конкретному. Выделив в создании органического вещества главный процесс – фотосинтез и познав его сущность, исследователь мысленно возвращается к конкретному растению, к его среде, рассматривает взаимодействие растения со всеми факторами жизни. Выделив путем абстрагирования минеральное питание как агрохимический процесс, исследователь мысленно возвращается ко всем остальным процессам, в результате которых создается урожай. Таким образом, методы абстрагирования и конкретизации весьма тесно связаны между собой, дополняют друг друга и должны использоваться исследователем наряду с такими методами, как анализ и синтез, индукция и дедукция.

Аналогия – метод познания неизвестных предметов и явлений на основании их сходства с известными. Например, в опыт вводят новый сорт яблони, о котором известно, что он по многим показателям аналогичен сорту Жигулевское. Это значит, что новый сорт будет иметь такую же зимостойкость, устойчивость к болезням и вредителям, урожайность, такой же срок съема плодов, как и сорт Жигулевское. Метод аналогии, основанный на сходстве предметов и явлений, составляет основу моделирования.

Моделирование – метод, который состоит в замене трудно изучаемого предмета или явления на специально созданный аналог, на удобную модель, которая потом исследуется. Для эффективности таких исследований каждая модель должна содержать

существенные черты оригинала. Если модель сохраняет физическую природу оригинала, например, модель почвы, растительной клетки, органа, то она является *физической*. Если модель физически не создается, а ее оригинал лишь описывается соответствующими уравнениями, то модель является *математической*. Например, математическое описание формирования урожайности конкретного сорта плодовых культур или винограда в зависимости от факторов жизни. Моделированием являются также составление схемы опыта, вычерчивание размера и формы делянки, изображение на плане метода размещения вариантов и т. д.

Формализация – метод изучения объектов при помощи отдельных элементов их форм, отражающих содержание объекта. Это может быть формула, описывающая объект.

Теория – метод, с помощью которого мысленно отражается и воспроизводится реальная действительность на основе данных практики и эксперимента. Это система взаимосвязанных знаний, позволяющая вскрывать основные закономерности развития изучаемого объекта с целью его преобразования в интересах человечества.

Примерами теории как метода исследований могут служить следующие: теория цикличности развития многолетних растений, теория обработки почвы, теория минерального питания растений и многие другие.

2.2. Характеристика и область применения лабораторного, вегетационного, лизиметрического и экспедиционного методов

В плодоводстве, овощеводстве, виноградарстве и цветоводстве используют специальные методы исследований: биологические и математические. Объекты биологических методов – растения и почва. К числу *биологических методов* относятся лабораторный, вегетационный, лизиметрический, вегетационно-полевой, полевой, экспедиционный. Ценные результаты можно получить с помощью методов морфологического анализа и инверсии. Широко используют также физические и химические методы исследований, находит применение метод меченых атомов.

Лабораторный метод – это анализ растений и среды их обитания в лабораторной обстановке с целью:

- 1) изучения взаимодействия между растениями и условиями роста;
- 2) оценки качества урожая;
- 3) изучения обмена веществ растений;
- 4) изучения физических и микробиологических свойств почвы и т. д.

Анализируя растения и почву в определенных условиях среды, т. е. при определенных водном, температурном и воздушном режимах, освещенности, влажности, температуре и т. п., исследователь устанавливает их взаимосвязь, ибо растение влияет на среду так же, как и среда влияет на растение.

Изучая химический состав (содержание сахаров, кислот, витаминов, макро- и микроэлементов и т. д.) плодов, ягод и других органов растений, экспериментатор дает оценку эффективности тех или иных условий агротехники в опыте.

Лабораторный метод необходим при изучении обмена веществ растений. При этом от исследователя требуется не только качественное проведение лабораторных анализов, но и объективный анализ полученных данных, иначе возможны грубые ошибки. Так, в лесостепи, т. е. в зоне неустойчивого увлажнения, в отдельные годы количество атмосферных осадков достигает 900 мм и более, что на 400-450 мм выше средних многолетних данных. Как правило, в чрезвычайно дождливые годы лабораторные анализы указывают на низкое качество плодов и ягод; они плохо хранятся, малотранспортабельны. Однако из подобных результатов нельзя делать однозначный вывод о том, что при увеличении осадков качество урожая падает. Следует проанализировать и другие факторы жизни растений, особенно питательный, воздушный и температурный режимы почвы, которые при увеличении количества атмосферных осадков необходимо значительно улучшить для сохранения качества урожая.

Вегетационный метод – исследование растений, выращиваемых в специальных (вегетационных) сосудах в вегетационных домиках, теплицах, оранжереях и т. д. при строго контролируемых условиях внешней среды (питательный, водный,

воздушный, температурный режимы, освещенность и др.) с целью изучения влияния этих условий на рост растений, урожай и его качество. В зависимости от возраста растений используют сосуды объемом от 1 до 50 л.

Лизиметрический метод – исследование растений и свойств почвы в поле с целью изучения передвижения и баланса влаги, а также питательного режима в очень больших сосудах – лизиметрах, которые периодически взвешивают.

В зависимости от задач опыта высота почвы в лизиметрах может быть от 25 см до 2-3 м, чаще всего 1,0-1,5 м. Лизиметр заполняют насыпной почвой, т. е. почвой, в которой нарушено естественное строение, или помещают в него монолит, вырезанный из почвы по внутренним размерам лизиметра. Лизиметры могут быть заняты как растениями, так и черным паром.

Лизиметры необходимо размещать группами по темам исследований вблизи лабораторий для более удобного обслуживания и охраны и вкапывать в почву на уровень местности. Для сбора и изучения дренажных вод под лизиметрами оборудуют коридоры с освещением.

С помощью лизиметров изучают динамику влажности почвы и промывания атмосферных осадков, состав фильтрующихся вод, вымывание минеральных солей и удобрений, потери питательных веществ в процессе многолетнего удобрения, испарение влаги почвой и растением, баланс питательных веществ и влаги, водопроницаемость почвы и т. д.

Лизиметрические исследования не полностью приближены к полевым условиям, так как в лизиметрах почва снизу изолирована. Этот недостаток устраняется в вегетационно-полевом методе.

Вегетационно-полевой метод – выращивание растений в поле в металлических сосудах без дна (цилиндрах) с целью изучения эффективности удобрений; плодородия генетических горизонтов почвы; моделирования условий почвенной среды, метеорологических факторов и т. д.

Цилиндры высотой 50-100 см и более устанавливают в почву на 10 см выше уровня ее поверхности в той части сада, ягодника или овощного участка, где произрастает изучаемая культура или определенный сорт. При этом почва снизу нахо-

дится в постоянном контакте с почвой естественного увлажнения и аэрации. Внутрь цилиндра высаживают растения. Согласно схеме опыта вносят на разную глубину различные дозы удобрений или известь, гипс и т. д., варьируя условия среды. В контрольных цилиндрах поддерживают условия, свойственные данной почве. Таким образом, исследования ведут в обстановке, близкой к естественной. Для изучения плодородия различных генетических горизонтов в цилиндры насыпают почву из определенных горизонтов, что заранее предусмотрено схемой опыта.

Полевой метод (полевой опыт) – это исследование в саду или в поле на специально выделенном участке, плодородие почвы и история которого хорошо известны и одинаковы. Опыт повторяют на территории и по годам, его цель – установить влияние изучаемых агроприемов или сортов на урожай и качество продукции. Полевой опыт – завершающий этап исследований, лучшие его результаты могут внедряться в производство. Задачами полевого опыта могут быть подбор наиболее удобных конструкций садов и оптимальных площадей питания культур, выбор способа содержания почвы в садах и формирования кроны, изучение систем удобрения, обработки почвы и т. д.

Экспедиционный метод исследования чаще всего используют в плодоводстве и виноградарстве. При обследовании насаждений в отдельных хозяйствах изучают рост и развитие растений, их урожай, устойчивость к болезням и вредителям, морозо-, засухоустойчивость и другие показатели продуктивности в зависимости от сорта и условий среды. Автор экспедиционного метода – П.Г. Шитт. Главное условие экспедиционных исследований – соблюдение правила единственного логического различия.

Основной учетной единицей служит пробная площадка из 400 плодовых растений, на которой выделяют по три типичных растения в каждой из трех групп: сильных, средних и слабых растений. Путем опроса специалистов, изучения документации хозяйств, а также обследования почв и насаждений изучают реакцию многолетних растений на почву, подпочву, уровень грунтовых вод, крутизну склона, его экспозицию, агротехнику.

Основные учитываемые показатели: рост надземной части и корневой системы растений, отношение к болезням и вредителям, морозо- и засухоустойчивость, общее состояние, число плодовых образований и урожай в разрезе сортоподвойных комбинаций.

Результаты экспедиционных обследований позволили П.Г. Шитту дать рекомендации по подбору лучших мест для закладки крупных садов в предвоенные годы, предотвратить организацию садоводческих хозяйств в неблагоприятных почвенно-климатических условиях, разработать важные теоретические положения.

Метод морфологического анализа – изучение морфологических структур растения с целью выявления наиболее существенных для исследования органов и частей. Так, одна из задач диагностики минерального питания – нахождение органа, по которому можно наиболее объективно определять потребность растений в элементах питания. Для этого анализируют содержание диагностируемых элементов в органах и частях растений и устанавливают, в каком из органов оно наиболее тесно связано с продуктивностью растений, качеством урожая и нормами вносимых удобрений. Аналогично устанавливают, по каким главным морфологическим признакам определять вид и сорт плодовых, овощных, цветочных растений и винограда.

Инверсия – метод изучения объекта, явления под некоторым углом зрения или с точки зрения, противоположной той, с которой рассматривали раньше. Это нарушение обычного порядка рассмотрения объектов и явлений, соединение несовместимого, разделение неразделимого. Главное в методе инверсии – отказ от общепринятых взглядов и приемов в исследованиях.

Например, возникла необходимость в разработке метода механизированного извлечения ядра ореха из скорлупы. При раскалывании и раздавливании снаружи, т. е. обычных способах, ядро крошится, засоряется скорлупой. Был использован метод инверсии, т. е. необычное решение вопроса, заключающееся в попытке разрушить скорлупу изнутри сжатым воздухом. Орех прокалывают полый иглой, через которую внутрь скорлупы подают под давлением воздух. В результате скорлупа

разлетается, а наколотое на иглу ядро подается на конвейер. Проблема была решена весьма эффективно, и метод успешно используется в производстве.

Еще пример. Четверть века назад увеличение урожая плодовых культур достигалось в основном за счет увеличения габитуса деревьев и больших площадей питания - 10×10 , 8×10 м. Дальнейшего увеличения урожая стали добиваться противоположным путем: уменьшением габитуса деревьев за счет использования карликовых подвоев и специальной формирования кроны, а также сокращением площади питания растений до 2×4 и даже $0,4 \times 1$ м в луговых садах.

Примером использования метода инверсии может служить обезвоживание, т. е. высушивание тканей для анализа путем вымораживания, а не воздействия высоких температур.

Физические и химические методы основаны на использовании физических приборов и химических анализов. Широко применяют метеорологические приборы, микроскопы, фотоэлектроколориметры, электровесы, радиоизотопную аппаратуру, фотоаппараты и т. д. Растения и почву исследуют с помощью биохимических и агрохимических анализов.

Метод меченых атомов — использование индикаторных доз изотопов для изучения процессов, протекающих в растениях и почве, в том числе таких, которые трудно или даже невозможно изучать обычными методами. Поведение изотопов в биологических системах идентично. Например, стабильный изотоп азота ^{15}N поступает в корни растений, передвигается в них и подвергается биохимическим превращениям подобно стабильному азоту ^{14}N , который является одним из элементов питания. Радиоактивный углерод ^{14}C усваивается листьями, хлорофиллом так же, как и стабильный изотоп ^{12}C , из которого строится органическое вещество растений. Для регистрации радиоактивных изотопов применяют радиометры и радиоавтографию, стабильных — масс-спектрометры.

Методы математической статистики используют для объективного планирования опытов, подготовки экспериментальных данных к обработке, для определения достоверности опыта и его точности, а также для выявления зависимости между учитываемыми в опыте показателями.

2.3. Сущность и значение полевого опыта в садоводстве

В специальной литературе приводятся различные определения понятия «полевой опыт».

Например, профессор Кудрявцева А.А. в 1959 г. даёт такое определение: «Полевой опыт в широком понимании есть метод исследования жизни растений в природной обстановке в зависимости от воздействия на него разнообразных условий».

Или вот такое определение даёт Б.А. Доспехов: «Полевой сельскохозяйственный опыт – исследование, осуществляемое в полевой обстановке на специально выделенном участке».

Основная задача полевого опыта – установление различий между вариантами опыта, количественная оценка действия факторов жизни, условий или приёмов возделывания на урожай растений и его качество.

Необходимо твёрдо помнить следующее: какие бы сенсационные результаты не получали в результате лабораторных, вегетационных или лизиметрических исследований, главным «судьей» в этом вопросе будет полевой опыт. Именно его результаты являются решающими при оценке того или иного сорта, агроприема и т. д., именно он является решающим методом исследований в овощеводстве, плодоводстве, виноградарстве, цветоводстве.

Полевые опыты по своему характеру, по количеству изучаемых вопросов, по длительности и месту проведения могут быть стационарными (постоянными), многолетними и временными, проводимыми на специально выделяемом участке, на опытном поле или в условиях производства. Между ними есть сходство и различие. Сходство заключается в основном в задачах, которые решают эти опыты. Например, в каждом из указанных полевых опытов можно изучать агротехнические приёмы, испытывать сорта. Различие заключается в основном в методиках постановки и проведения опытов, а также в возможностях изучения тех или иных вопросов сельскохозяйственного производства, например, изучения только агротехники, или же агротехники и вместе с тем экономической эффективности применения этой агротехники.

Агрономические 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 и даже на орбитальных станциях в космосе). Промежуточное положение занимают опыты в лизиметрах.

Полевые опыты для удобства их использования подразделяют по месту проведения, длительности, числу изучаемых факторов, географическому охвату объектов исследований (рис. 3).

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 м^2 , лабораторно-полевые - $11-50 \text{ м}^2$ и полевые - $51-200 \text{ м}^2$ 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 достигает 500-2000 м^2 . Как правило, ширина делянки должна быть кратной ширине прохода почвообрабатывающих, посевных и уборочных агрегатов, чтобы полнее механизировать наиболее трудоемкие процессы.



Рис. 3. Классификация полевых опытов
(из Моисейченко и др., 1994)

Для опытов по учету эффективности новых агроприемов в производстве выделяют контрольные полосы, ширина которых должна соответствовать ширине прохода уборочного агрегата, а длина – длине загонок. Общая площадь каждой из этих полос достигает 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.

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.

Краткосрочные опыты проводят в течение 3-10 лет, обычно на протяжении ротации севооборота.

Многолетние опыты проводят в течение 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.

Подразделение опытов по числу факторов, которые изучают.

Фактор - это элемент агротехники или сорт, то есть 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, среди которых можно выделить, например, 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.

Подразделение опытов по географическому охвату объектов следований.

По этому показателю различают географические (или массовые) и единичные опыты. Географические опыты проводят в различных почвенно-климатических зонах по единой ме-

тодике, 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.

К многолетним относят многофакторные и многофакторные стационарные полевые опыты продолжительностью 10-15 лет, к длительным – более 50 лет. Основная задача многолетних и длительных стационарных опытов – изучение действия, взаимодействия и последствий систематически осуществляемых агроприемов на плодородие почвы и качество продукции.

Особое место занимают опыты 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 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 отдельных хозяйств; государственные сортоиспытательные станции; лаборатории по оценке качества

испытываемых сортов, инспекции по сортоиспытанию. Возглавляет всю сортосеть ФГБУ «Государственная комиссия по испытанию и охране селекционных достижений».

Сортоиспытание ведут в несколько этапов: расширенное, расширенное конкурсное, конкурсное, производственное, технологическо-экономическое.

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. Весьма 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.

Основной научно-производственной единицей сортоис-

пытания является *сортоучасток*. Его организуют на базе лучших хозяйств, научных учреждений и вузов.

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.

Государственные сортоиспытательные учреждения могут быть комплексными, где изучают сорта различных культур, и специализированными. Последние испытывают определенные группы культур – овощные, зерновые, технические, прядильные, кормовые – и обслуживают не одну, а несколько почвенно-климатических зон. Имеются также сортоиспытательные учреждения, которые изучают сорта в орошаемых зонах земледелия или на осушенных землях.

2.4. Основные требования к полевому опыту в садоводстве

К эксперименту предъявляют следующие требования:

- типичность и пригодность;
- использование перспективных сортов и агротехники;
- соблюдение правила единственного логического различия, а также принципа целесообразности и оптимальности;
- учет, кроме урожая, и сопутствующих показателей;
- тщательное ведение необходимой документации;
- соблюдение достаточной точности;
- установление достоверности различий между вариантами;
- определение взаимосвязи между важнейшими показателями и др.

Типичность опыта. Опыты необходимо проводить в типичных для зоны, района и хозяйства условиях, на почвах, наиболее благоприятных для выращивания конкретных культур и распространенных в данной почвенно-климатической зоне, в данном административном районе или конкретном хозяйстве. Выполнение этого требования позволит дать рекомендации для всей территории, где размещаются типичные почвы. Однако если решается вопрос об улучшении других типов почв, об ис-

пользовании неудобных крутых склонов, например для садов, то опыты ставят и в нетипичных условиях.

Для опытов с культурами, корневая система которых распространяется на большую глубину (плодовые, орехоплодные культуры, виноград), должны быть типичными и одинаковыми уровень грунтовых вод и подпочва. Типичным для данной зоны и района, а также одинаковой экспозиции и крутизны должен быть склон: более ровный – в степи, небольшой уклон – в лесостепи. Закладка одного и того же опыта на склонах разной крутизны и экспозиции недопустима.

В опыте необходимо придерживаться типичной для зоны агротехники, рекомендованной научными учреждениями. Однако если в хозяйстве намечается переход к более перспективной технологии выращивания культур, следует использовать эту технологию.

Все работы в полевых опытах должны быть механизированы в соответствии с уровнем механизации в конкретном хозяйстве или районе. При этом желательно также, чтобы уровень механизации был перспективным, как и уровень всей агротехники.

Таким образом, в опыте необходимо выдержать типичность почв и подпочв, уровня грунтовых вод, склона, его экспозиции, агротехники и уровня механизации.

Пригодность опыта – это соответствие земельного участка, посадочного и посевного материала, а также агротехники задачам опыта. Например, под опыт выбраны типичные почва, подпочва, уровень грунтовых вод, склон. Цель опыта – изучить дозы азотно-фосфорно-калийных удобрений от 30 до 150 кг/га при внесении под томат. А на всем участке в предыдущий год было внесено более 150 кг/га азота, фосфора и калия. Очевидно, такой участок непригоден, так как максимальные дозы удобрений в опыте меньше тех, которые уже внесены. На таком высоком агрофоне может не проявиться эффективность изучаемых доз удобрений, а сделанные из опыта выводы могут дезориентировать исследователя и обесценить опыт.

Другой пример. Для изучения влияния различной глубины обработки почвы под капусту белокочанную планируют максимальную глубину вспашки 30 см, а в предыдущий год весь

участок, отведенный под опыт, вспахивали на глубину 35 см или более. Очевидно, что данный участок также непригоден для опыта. Перед закладкой опыта глубина обработки почвы на выбранном участке должна быть обычной, свойственной для поля овощного севооборота или конкретного сада, виноградника, не глубже той, которую планируется изучать.

Если предполагается изучать дозы пестицидов (инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и др.), то для опытов пригодны участки, где дозы препаратов в предыдущий год были не выше тех, которые планируются в опыте. Вносить пестициды следует в тихую, безветренную, нежаркую погоду, чтобы рабочий раствор не сдувался ветром на соседние деланки, а также не вызывал ожогов растений.

В опытах необходимо использовать не только районированные, но и перспективные сорта и пригодный посадочный и посевной материал. В производстве происходит постоянная замена сортов на новые, более урожайные и комплексноустойчивые к болезням, вредителям и неблагоприятным условиям внешней среды. В связи с этим не следует брать в опыт сорт, который в ближайшие 2-3 года будет снят с производства и заменен более перспективным. В противном случае рекомендации исследователя могут оказаться бесполезными. Информацию о перспективных сортах можно получить в госинспекции по сортоиспытанию, которая обслуживает определенную географическую зону сельскохозяйственного производства.

Посевной и посадочный материал должен быть пригодным и однородным, иметь одинаковую всхожесть и чистоту семян, луковиц и клубней. Саженцы для всех вариантов и повторений опыта должны быть стандартными, то есть с одинаково развитой как надземной частью, так и корневой системой.

Требование единственного логического различия (единственного различия) означает, что в опыте можно изменять лишь тот фактор, который изучают, при строгом постоянстве всех других неизучаемых факторов и условий. Например, в опыте, где изучают нормы высева семян овощных культур, можно изменить только число высеянных семян на единицу площади. Все остальные элементы агротехники долж-

ны быть одинаковыми на всех делянках опыта. При изучении глубины и сроков вспашки, междурядных культур в садах и на виноградниках, доз удобрений и глубины их заделки, сортов и т. д. изменяют только эти отдельные факторы.

Принцип целесообразности и оптимальности. Известно, что растения разных сортов плодовых, ягодных, овощных и винограда имеют различные размеры из-за разной силы роста. Например, все сорта деревьев на карликовых подвоях имеют габитус кроны в несколько раз меньший, чем на сильнорослых. Поэтому деревья и сорта с малогабаритной кроной высаживают в производстве значительно гуще, чем сильнорослые. Шаблонно следуя правилу единственного различия, расстояния между деревьями в опытах как будто бы следует сделать одинаковыми для карликовых и сильнорослых деревьев. Но это будет противоречить здравому смыслу, идти вразрез с требованием оптимальной площади питания для сильнорослых и карликовых деревьев. Будет нарушен принцип целесообразности и оптимальности.

Этот же принцип будет нарушен, если сорта ранних сроков посева высевать одновременно с сортами поздних сроков посева; если раносозревающие сорта убирать одновременно с поздносозревающими; если сильно реагирующие на удобрения сорта удобрять одинаково с остальными и т. д. Здесь сравнение сортов надо вести не при одинаковых, а при оптимальных условиях, соблюдая принцип целесообразности и оптимальности, не применяя шаблонно правило единственного различия.

В опытах, кроме урожая, необходимо учитывать и другие сопутствующие показатели. Одна из главных задач опыта – не только выявить лучшие варианты, т. е. те, в которых получен наибольший урожай, но и объяснить причины повышения урожайности в одних вариантах и снижения в других. А это возможно лишь тогда, когда наряду с урожаем изучают и другие показатели – физические, химические, микробиологические свойства почвы, динамику роста надземной массы и корневой системы растения, товарные качества урожая, содержание в плодах, ягодах, овощах сахаров, кислот, витаминов, белка и других веществ. В опытах с удобрениями весьма желательно определять содержание элементов питания в

растениях и почве, вынос питательных веществ растениями, коэффициент использования удобрений и т. д. Часто необходимую информацию об эффективности вариантов могут дать физиологические исследования, изучение анатомического строения тех или иных органов растений. Однако в каждом опыте следует изучать лишь те показатели, которые необходимы для более глубокого познания явлений и процессов, влияющих на конечные и главные показатели – урожай и его качество.

В каждом опыте следует тщательно вести всю необходимую документацию.

Одним из важнейших документов является ***план опыта***, который включает научное обоснование темы исследований, схему опыта, метод размещения вариантов, методику учетов и наблюдений, календарный план выполнения работ.

Второй важный документ - ***первичные записи***, которые ведутся непосредственно на месте проведения опыта в дневнике опытных работ. В хронологическом порядке отмечают не только все выполненные работы и результаты опытов, но и особенности погоды. Здесь же указывают методики, по которым выполнялись те или иные работы.

Главную книгу опыта (журнал опыта) ведут в лаборатории. В журнале записывают результаты всех исследований (переписывают из дневника). Для удобства записей разрабатывают соответствующие формы таблиц, где указывают схемы опыта, повторности, средние арифметические и другие данные.

В ***журналы лабораторного анализа*** заносят результаты анализов растений, почвы, качества урожая, математической обработки данных полевых исследований и лабораторных анализов.

Отчет о научно-исследовательской работе – это итог каждого опыта.

Точность опыта – это степень близости его результатов к истинному значению, к объективной реальности. О точности опыта судят по обратной величине, т. е. по ошибкам. Различают три основных вида ошибок: систематические, грубые и случайные.

Систематические ошибки – это постоянное завышение либо занижение результатов опыта под действием определен-

ных факторов. Такими факторами могут быть закономерное изменение плодородия почвы в каком-то направлении, индивидуальное варьирование многолетних растений – плодовых, орехоплодных и ягодных, неисправность весов или других приборов и т. д. В связи с тем, что систематические ошибки однонаправленные, т. е. искажают результаты в одном направлении, они не могут взаимно погашаться. По этой причине систематические ошибки влияют как на точность наблюдения над отдельными растениями, так и на средние арифметические по отдельным делянкам и вариантам. Уменьшить систематические ошибки можно путем правильного планирования, закладки и проведения опыта.

Грубые ошибки – это просчеты, промахи в работе. Например, можно неправильно записать массу урожая, ошибиться при снятии показаний прибора. Бывают случаи, когда на опытных делянках путают этикетки, дважды вносят удобрения, не на ту глубину обрабатывают почву и т. д. Из-за грубых ошибок иногда приходится браковать отдельные повторения, делянки или даже весь опыт.

Случайные ошибки обусловлены неизвестными, непредвиденными факторами и поэтому неизбежны. Они появляются под влиянием случайного варьирования плодородия почвы или самих многолетних растений. Эти ошибки могут завышать или занижать результаты исследований, т. е. они разнонаправлены. Существенно, что случайные ошибки взаимно компенсируются, поэтому с увеличением числа наблюдений погрешности опыта уменьшаются. Методы математической статистики позволяют определить величины случайных ошибок и вычлени их из общего варьирования экспериментальных данных в том случае, если эти данные не содержат грубых и односторонних систематических ошибок.

Заметим, что ошибки опыта не представляют собой ошибок расчета, они определяют величину отклонения фактического значения от истинного. Для повышения точности опыта Т. Литтл и Ф. Хиллз (1981) рекомендуют увеличивать число повторностей, тщательно подбирать варианты, совершенствовать технику опыта, правильно отбирать экспериментальный материал, планировать и группировать экспериментальные едини-

цы.

Достоверность опыта. Опыт будет достоверным, если его схема логичная, правильная и факториальная, т. е. включает все варианты, необходимые для того, чтобы получить полный ответ на поставленные вопросы; методика исследований соответствует целям и задачам эксперимента; выбор объектов и условий исследований исходит из запросов производства.

Исследователь, изучающий агротехнику определенной культуры, должен хорошо знать ее биологию, водный, воздушный, питательный режимы и физику почвы, ботанику и другие смежные дисциплины. Изучая эффективность удобрения, необходимо владеть основами почвоведения, агрохимии, биохимии, микробиологии, физической и коллоидной химии. Однако прежде всего следует как можно лучше познакомиться с объектом своих исследований, получить полную информацию по исследуемым вопросам, а этого можно достичь детальным изучением литературы.

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность всеобщего метода научного исследования?
2. Перечислите и дайте краткую характеристику каждому из общенаучных методов.
3. Каковы цели проведения лабораторного метода исследования?
4. Назовите цели проведения вегетационного и лизиметрического методов исследования.
5. В чем сущность вегетационно-полевого и полевого опытов?
6. Какие принципы заложены в экспедиционном методе, методе морфологического анализа и инверсии?
7. Какова основная задача проведения полевого опыта?
8. Какова классификация полевых опытов?
9. Назовите основные требования к полевому опыту.

ГЛАВА 3. ВЫБОР, ИЗУЧЕНИЕ И ПОДГОТОВКА УЧАСТКА ПОД ОПЫТ В САДОВОДСТВЕ

В процессе выбора участка проводят почвенно-биологическое обследование, изучают историю поля, его растительный покров, рельеф и микрорельеф. Подбирают почву и подпочву с учетом уровня грунтовых вод, при необходимости проводят рекогносцировочный и уравнительный посевы. И определенные требования предъявляются при закладке опытов в существующих насаждениях плодовых культур.

Почвенно-биологическое обследование участка. При выборе участка исходят не только из программы исследований, но и из всего комплекса важнейших природных условий и биологических требований самих растений.

Рельеф, крутизна склонов, их экспозиция, почва, подпочва, уровень грунтовых вод в опыте должны быть идентичны тем, при которых выращивается большая часть садов, ягодников или овощей в конкретной зоне, области или районе.

Участки подбирают с перспективой длительного использования: для плодовых культур и винограда – на несколько десятков лет, для ягодников – 10-15 лет, для овощных культур – на срок полной ротации севооборота.

Перед выбором участка исследователь составляет план научной работы по конкретной теме. В нем указывает схему опыта, ориентировочное число повторностей, размеры опытных делянок, их длину и ширину защиты. Зная число вариантов (l), число повторностей (n), учетную площадь опытной делянки и площади всех защиток, рассчитывают, какую площадь надо взять для опытного участка. Подбирают ее при почвенно-биологическом обследовании участков, придерживаясь основного правила – типичности участка.

Почвенно-биологические обследования проводят в несколько этапов, первым из которых является экспертное обследование.

Экспертное обследование осуществляет комиссия с целью выделения одного или нескольких участков для более детального обследования. При этом изучают и почвенно-грунтовые профили, для чего на границах участка, выбранного под

опыт (но не на самом участке), делают 2-3 разреза глубиной до 2-2,5 м и описывают их. Итогом работы комиссии является заключение о выделении участка под конкретный опыт.

Второй этап – **детальное обследование**, которое проводят уже на выделенном под опыт участке с целью дать всестороннюю характеристику почвы, подпочвы, уровня грунтовых вод. Составляют почвенную карту в масштабе 1:5000 или 1:1000, для чего по диагонали участка делают 2-4 почвенных разреза на глубину 2-2,5 м только в местах будущих дорог, защиток и разворотных полос, но не на местах будущих делянок во избежание их порчи. При необходимости между разрезами делают еще и прикопки. Из почвенных разрезов и прикопок отбирают образцы почвы, анализируют их и определяют, насколько типична почва.

3.1. Рельеф и свойства почвы

Изучение рельефа и микрорельефа. Форма рельефа должна обеспечивать защиту опытного участка от действия сильных ветров и суховеев, направление которых учитывают также при создании ветроломных линий и защитных полос. Весь опыт размещают на склоне одной и той же крутизны и экспозиции.

Это требование очень важно, поскольку даже на весьма пологих склонах (1-2°) разница между прямой солнечной радиацией, поступающей на южные и северные склоны в весенний период, составляет 30%, в осенний – 40%. В средней полосе южные склоны в период вегетации на 10-30% теплее, чем ровные места. За период вегетации сумма температур на пологих южных склонах на 120°С, а на крутых – на 300°С превышает сумму, которая отмечается на ровных местах. При этом продолжительность безморозного периода на склонах увеличивается на 30 и больше дней.

При наличии даже небольших склонов на участке необходимо предусмотреть противоэрозионные мероприятия, чтобы сохранить верхний плодородный слой почвы. Эти меры особенно важны в опытах с удобрениями, так как удобрения могут переноситься вдоль склона с одних делянок на другие атмосфер-

ными осадками, талыми и поливными водами.

На результаты опыта может влиять и микрорельеф, поэтому бугорки, западины на участке необходимо выровнять, тщательно спланировать, сделать нивелировку и результаты съемки нанести на почвенную карту.

Выбор почвы и подпочвы. Почва и почвообразующая порода должны обеспечить глубокое проникновение корней и удовлетворять следующим требованиям: быть достаточно рыхлыми, влагоемкими, водо- и воздухопроницаемыми, не содержать скопления вредных солей, не иметь подтока холодных грунтовых вод. Очень подходят для опытов лёссовые и делювиальные суглинки, лессовидные супеси и др. Непригодны или малопригодны плотные почвообразующие породы с плохой водо- и воздухопроницаемостью, с большой концентрацией вредных солей.

Почвы для плодово-ягодных культур.

В *лесостепной зоне* следует выбирать средневозвышенные и возвышенные водоразделы. Склоны – юго-западные, западные, северо-западные и южные. Почвы – лесостепные темно-серые и серые, светлосерые суглинистые, черноземы реградированные.

В *черноземной зоне* лучший рельеф – возвышенные и средневозвышенные водоразделы. Более благоприятные склоны – северо-западные, западные, юго-западные. Почвы – черноземы выщелоченные, мощные черноземы и обыкновенные суглинистые.

Определение уровня грунтовых вод обязательно при выборе участка под опыты с плодовыми растениями. На участках с семечковыми культурами грунтовые воды должны находиться не ближе 2,5 м от поверхности почвы, с косточковыми – 2 м, на ягодниках – не ближе 1,5 м.

Почвы для виноградников. Типичный рельеф, почву, подпочву выбирают в зависимости от зоны виноградарства и выращиваемого сорта.

На Дону лучшие почвы – черноземы с известковым щебнем, обыкновенные среднегумусные черноземы тяжелого гранулометрического состава, а также приазовские слабокарбонатные почвы. В Центральной зоне России – наносные черноземы.

Уровень грунтовых вод во всех случаях должен быть не

менее 2,5-3,0 м от поверхности почвы.

Почвы для овощных культур. Подбирают участки с ровным рельефом, окультуренными и плодородными почвами, наиболее распространенными в конкретной почвенно-климатической зоне под овощными культурами.

Весьма благоприятны для овощеводства почвы речных пойм, однако если в хозяйстве овощи выращивают на землях полевого севооборота, то опыты планируют именно на таких почвах.

При распространении торфяных окультуренных почв опыты закладывают на торфяных почвах. Менее пригодны торфяно-болотные почвы, малопригодны песчаные, а также смытые тяжелые глинистые почвы, в которые предварительно не были внесены повышенные дозы органических удобрений. Уровень грунтовых вод должен быть не менее 1,0-1,5 м.

Почвы для цветочных растений. Участок должен иметь южную экспозицию, склон не более 0,01 м, при больших уклонах проводят террасирование. Предпочтительны суглинистые, структурные прогреваемые почвы с хорошей водопроницаемостью. Недопустимо наличие зарытых ям и канав, даже выравненных, следов разрушенных или снесенных строений, стоянок скота, пней и корней древесных растений, грунтовых дорог длительного пользования, ибо все это сильно влияет на плодородие почвы.

Участок следует выбирать не ближе 150 м от леса и 25 м от одиночных деревьев. Расстояние от лесополосы должно быть не менее полутора-двукратной высоты ее насаждений.

На расстоянии менее 10-20 м не должно быть плотных изгородей, а также грунтовых дорог, пыль от которых может оседать на растениях. Расстояние до строений должно быть не менее 50 м. При необходимости орошения участок выбирают вблизи от источника воды.

Желательно, чтобы участок располагался вдали от магистральных дорог; это помогает избежать влияния выхлопных газов, а также порчи, хищения и потрав опытных растений.

3.2. История участка

Изучение истории участка. При обследовании участка детально описывают историю данного поля, сада или ягодника. Устанавливают, где и какие культуры раньше сеяли, особое внимание обращают на многолетние травы, которые сильно влияют на плодородие почвы. В год, предшествующий выбору участка для опыта, на всей площади следует высевать одну культуру.

По книге истории полей устанавливают, где и какие вносили удобрения, в каких дозах, при этом особенно важно установить количество внесенных органических удобрений, которые сильно влияют на плодородие почвы. Дозы удобрений, их формы и глубина внесения в предшествующие годы должны быть одинаковыми по всему обследуемому участку.

Сильно влияют на плодородие почвы также бывшие стоянки скота и дороги длительного пользования, которые должны быть исключены из территории будущего опыта.

При изучении истории поля обращают внимание на его окультуренность: глубину окультуренного слоя, его плодородие, pH почвенного раствора, наличие в почве семян сорняков, степень засоренности посевов.

Посевы, сильно засоренные сорняками, особенно злостными – корневищными, корнеотпрысковыми, сорняками-паразитами и др., необходимо предварительно очистить от сорной растительности, а еще лучше такие участки из опытов исключить.

Изучение растительного покрова. При выборе участка обращают внимание на растения-индикаторы. Так, хороший рост дуба, липы, лещины, клена и ясеня также свидетельствует о хороших почвенных условиях для плодовых пород. Произрастание сосны и лишайников указывает на сильную обедненность почв питательными веществами. Об избыточном увлажнении участка говорит наличие на нем таких растений, как осока, осина, ива и ольха. Индикатором кислых почв являются хвощ полевой, щавель, а засоленности – солянковая растительность.

3.3. Рекогносцировочный посев

Рекогносцировочный и уравнительный посевы. Как бы тщательно ни подбирался участок для опыта, выявить его плодородие на каждом квадратном метре с помощью химических анализов почвы затруднительно. Если опыт закладывается на поле, то перед его закладкой на выбранном участке проводят рекогносцировочный посев.

Рекогносцировочный (разведывательный) посев – посев одной культуры семенами одного сорта, класса, репродукции и при одинаковой агротехнике. Цель посева – выявить варьирование плодородия почвы путем учета урожая высеянной культуры на каждой маленькой деляночке всего участка. Как правило, такой посев проводят в стационарах научных учреждений и вузов перед закладкой опыта.

Для рекогносцировочного посева важны выбор культуры, качество агротехнических работ, подготовка к уборке и уборка урожая, составление плана. По результатам посева планируют опыт.

Выбор культуры. Чаще всего используют яровые зерновые культуры, так как на урожай озимых могут влиять не только плодородие почвы, но и неблагоприятные условия зимнего периода. Обычно высевают ячмень, овес, вико-овсяную смесь. Пропашные культуры менее желательны, так как их урожай зависит не только от почвенных условий, но и от междурядной обработки почвы. На всей площади до посева должен быть одинаковый предшественник и агрофон.

С уборкой не следует запаздывать, так как это может усилить влияние на урожай погоды, вредителей, болезней, сорняков и других факторов. Следовательно, лучше выращивать яровые не на зерно, а на зеленую массу; при этом раньше освобождается поле, что позволит своевременно внести удобрения и более тщательно обработать почву под опытную культуру.

Агротехнические работы. На выделенной для рекогносцировочного посева площади все агротехнические работы проводят одновременно и на одинаково высоком уровне. Одинаковыми и единовременными должны быть глубина и срок прове-

дения вспашки, предпосевная, послепосевная и после всходов обработка почвы, борьба с вредителями, болезнями и сорняками. При этих условиях легче вычленить влияние плодородия почвы на рост и урожай рекогносцировочного посева.

Подготовка к уборке. Перед уборкой урожая посев делят на делянки площадью не более площади опытных делянок. Форма делянок должна быть удлиненной, с направлением вдоль наибольшего варьирования плодородия почвы. Лучшее отношение ширины к длине 1:10 или 1:15, желательно также, чтобы ширина была равна ширине захвата уборочного агрегата. Границы делянок фиксируют вешками и шнурами.

Уборка урожая. Лучше проводить ее малогабаритными косилками с оборудованными весами, при отсутствии косилок убирают вручную косами.

Так как влажность зеленой массы в течение дня значительно меняется, через каждые 1,5-2 часа отбирают пробные снопы, взвешивают их, крепят этикетки с указанием номера снопа, времени отбора и массы. После высушивания под навесом до постоянной массы снопы снова взвешивают и рассчитывают процент влаги. С помощью полученных данных зеленую массу, собранную со всех делянок, приводят к единой влажности. Учитывают урожай с каждой делянки, взвешивая скошенную массу, которую убирают в сжатые сроки – за 1-2 дня. Результаты учета урожаев используют для составления плана рекогносцировочного посева.

Составление плана рекогносцировочного посева. Одновременно с выделением делянок составляют план посева в соответствующем масштабе. В зависимости от урожая делянки окрашивают разными цветами: красным – с самым высоким урожаем, зеленым – со средним, синим – с низким, делянки с самым низким урожаем оставляют неокрашенными. Таким образом, выделяют блоки с разным уровнем плодородия, на которых разместятся повторения будущего опыта. Блоки с низким уровнем плодородия в опыт не берут.

Использование плана рекогносцировочного посева. Данные урожая каждой делянки выписывают в возрастающем порядке (ранжируют) и строят вариационный ряд. Обработав его методами математической статистики, вычисляют коэффициент

вариации V . Значение коэффициента вариации и относительной ошибки опыта ($s_x\%$) используют для расчета повторности (n) будущего опыта по формуле $n = (V : s_x\%)^2$.

По значению относительной ошибки планируют точность опыта. Для хорошей точности выбирают значение $s_x\%$ не более 5%. Если коэффициент вариации плодородия почвы, вычисленный по данным рекогносцировочного посева, составляет 9%, то повторность опыта будет равна $(9/5)^2 = 3,24 = 4$. Округляют всегда в большую сторону.

Делянки рекогносцировочного посева с одинаковым плодородием группируют в блоки, которые будут служить повторениями. Если расчетное число повторений, как в приведенном примере, равно четырем, то и блоков должно быть четыре. Кроме того, рекогносцировочный посев позволяет выявить направление основного варьирования плодородия почвы и правильно (длинной стороной вдоль изменения плодородия почвы) расположить опытные делянки.

Необходимо отметить, что на рекогносцировочный посев затрачивается много труда и времени (1-2 года), поэтому его не всегда используют. Главного в организации опыта - обеспечения выравненности почвы по плодородию – можно достичь уравнительным посевом.

3.4. Уравнительный посев

Уравнительный посев аналогичен рекогносцировочному, но проводится без дробного учета урожая. Цель его – выравнивание плодородия почвы и визуальная (глазомерная) оценка изменения плодородия по состоянию самого посева. От производственного посева уравнительный посев отличается более высоким уровнем и единообразием агротехники по всему участку, а также сжатыми сроками всех агротехнических работ.

Чем больше пестрота плодородия почвы, тем большее число лет следует применять уравнительный посев. Однако влияние на плодородие почвы разноглубинной вспашки, контрастных доз удобрений, известкования нельзя выровнять посевом, особенно если действие перечисленных агроприемов было дли-

тельным. Не устраняются также и значительные естественные различия почв и подпочв.

Кроме выравнивания плодородия почвы, в задачи уравнительного посева входит выявление пространственного изменения самого плодородия, выделение блоков с минимальным изменением, т. е. выделение повторений планируемого опыта, и определение ориентации делянок.

Исследователь с большим опытом работы на основе визуальных оценок уравнительного посева может спланировать опыт по всем правилам методики опытного дела в условиях не только научного учреждения, но и производства, где рекогносцировочные посевы (как дорогостоящие и длительные) редко применяют.

В существующих плодовых или ягодных насаждениях проводят рекогносцировку по состоянию имеющихся растений, не делая в междурядьях никаких рекогносцировочных посевов.

3.5. Особенности закладки опытов с плодовыми культурами

Выбор садов и ягодников для закладки опыта.

Часто опыты в плодоводстве закладывают не в новых посадках, а в уже имеющихся насаждениях различных возрастов. Индивидуальная изменчивость плодовых растений значительно превышает варьирование плодородия почвы, поэтому такие почвенные исследования, как в новых насаждениях, здесь не проводят. До закладки опыта обязательно раскапывают и изучают корневую систему растений по методу «среза». Одновременно отбирают образцы почвы для физико-химических анализов.

Почвенные разрезы располагают так, чтобы корневая шейка плодовых или ягодных растений находилась в их угловой части. Это дает возможность увидеть размещение корней в вертикальном и горизонтальном планах. Разрез можно делать и на различном расстоянии от растений, но в этом случае одна из его стенок должна размещаться перпендикулярно к радиусу дерева.

Располагают разрезы по диагонали участка не менее чем в трехкратной повторности, крайние – на границах участка, внут-

рение – на местах предполагаемых защиток. После обследования подбирают участок с одинаковым развитием корней у деревьев одного и того же сорта. Описанные обследования необходимы, если планируют изучать глубину и способы внесения удобрений, обработки почвы, полива и другие приемы агротехники.

Для опыта подбирают районированные и перспективные сорта. Если используют несколько сортов, они должны быть контрастными по биологическим свойствам, это позволяет получить больше ценной информации.

Рекогносцировочные посевы в растущих насаждениях не проводят, а определяют изменения плодородия почвы в различных местах опытного участка по состоянию растений.

При рекогносцировке учитывают самый главный показатель – продуктивность, т. е. урожай растений за несколько лет, предшествующих закладке опыта.

Если опыты закладывают в молодых, еще не плодоносящих насаждениях, используют показатели, тесно коррелирующие с урожаем. По данным ряда авторов, урожай непосредственно и достоверно зависит от общего состояния штамба и самих деревьев. Окружность штамба у тонких деревьев измеряют штангенциркулем, у толстых – мерной лентой и выражают в сантиметрах.

Перед учетом все насаждение разбивают на опытные делянки и защитки согласно плану опыта. При этом из учетной делянки исключают деревья другого сорта, деревья, отстающие в росте из-за поздней посадки, поврежденные вредителями, пораженные болезнями, поломанные. Результаты учета наносят на план и для каждой опытной делянки вычисляют средние арифметические окружности штамба и общего состояния деревьев. Коэффициенты варьирования этих показателей по всем делянкам не должны превышать 15%. В противном случае необходимо увеличить число деревьев на делянке либо перепланировать участок так, чтобы на каждой делянке растения были более выравнены по рекогносцировочным показателям.

У ягодников перед началом опыта желательно учесть урожай. Если этого не делают, то учитывают общее состояние кустов, выражая этот показатель в баллах, длину однолетних побе-

гов и их число. Полученные данные используют для составления плана конкретного опыта.

Закладка опыта в насаждениях плодовых и ягодных культур.

На выбранном участке в соответствии с планом выделяют опытные делянки, защитки и повторения. Например, в планируемом опыте учетная площадь делянки состоит из двух рядов, в каждом ряду посажено по пять деревьев.

Учетную площадь делянок разграничивают одним рядом деревьев как по продольной, так и по поперечной стороне. Все делянки и повторения находятся в одном ярусе. Каждый ряд деревьев в саду нумеруют слева направо, а каждое дерево в ряду - начиная от базисной линии. Номера пишут яркой масляной краской в средней части штамба каждого дерева, используя простые дроби: в числителе – номер ряда, в знаменателе – номер дерева в ряду. Вместе с защитками будет 48 рядов, по 14 деревьев в каждом, т. е. 672 дерева во всем опыте.

Не все 10 деревьев, находящихся на учетной части делянки, могут быть учетными. Исключают деревья другого сорта, а также значительно отстающие в росте, поломанные, сильно поврежденные вредителями и пораженные болезнями, деревья с несоответствием привоя и подвоя, нетипичные по росту и урожаю. Для учета подбирают только типичные для данного насаждения, квартала, сорта деревья.

Исключать из учета можно не более 30% деревьев, т. е. 3 из 10. При большем числе деревьев, подлежащих исключению, выбраковывают всю делянку и выбирают другую.

Учетная делянка, состоящая из двух рядов деревьев, занимает целое междурядье и по половине междурядий каждого ряда справа и слева. На четырех углах каждой делянки устанавливают колышки с обозначением варианта, надписи должны быть обращены внутрь делянки. Между колышками проводят борозды - границы учетной площади каждой опытной делянки.

Навески удобрений готовят заранее и помещают в отдельные полиэтиленовые пакеты вместе с этикетками, обозначающими вариант. Берут также запасные навески на одну повторность. Таким образом, в рассматриваемом опыте с трехкратной повторностью и пятью вариантами, т. е. с 20 делянками, надо

иметь 60 пакетов, по 3 пакета для каждой делянки: для азотных, фосфорных и калийных удобрений.

Используют свежие удобрения, предварительно тщательно изучив паспорт, где указан процент действующего вещества. Для каждого варианта рассчитывают массу азотного, фосфорного и калийного удобрения, которую надо внести под 10 деревьев, т. е. на учетную площадь каждой опытной делянки.

Для равномерного внесения удобрений содержимое каждого пакета делят на пять равных частей и каждую часть вносят под два дерева в самые сжатые сроки, после чего немедленно заделывают удобрения в почву во всех вариантах на одну и ту же глубину, в одно и то же время и определенным способом. Если изучают различную глубину, различные способы или сроки внесения удобрений, то вносят их в соответствии с вариантами. После закладки опыта проводят необходимые учеты и наблюдения.

Закладка опыта одновременно с посадкой новых насаждений.

После выбора участка для опыта чертят его план, увязывая с почвенной картой и горизонталями. На пологих и ровных склонах планируют прямые ряды растений, направленные вдоль основного варьирования плодородия почвы, чаще всего вдоль склона, вдоль господствующих сильных ветров, сбивающих завязь и плоды. На очень крутых склонах планируют террасы, по краям опытного участка – садозащитные полосы в четыре ряда.

Вносят удобрения и проводят плантажную вспашку согласно рекомендациям. Перед разбивкой участка поле выравнивают, то есть ликвидируют бугорки, засыпают блюдца и прикапывают. В соответствии с генеральным планом всего сада в квартале, где намечено провести опыт, отбивают базисную линию определенной длины параллельно одной из главных дорог. На концах этой линии ставят жерди. На линиях, перпендикулярных к базисной, отмеряют ширину участка и также ставят жерди. Расстояние между этими жердями должно быть равно длине базисной линии. Допускается расхождение в 10 см на 100 м, если оно больше, работу повторяют, добиваясь, чтобы все углы имели 90°, а противоположные стороны прямоугольника были равны.

Пример. Пусть планируют изучать способ содержания почвы в междурядьях сада с яблонями сорта Вишневое (пример и его описание взято из Моисейченко и др., 1994). Площадь питания растений составляет 8×5 м, опыт включает пять вариантов и четыре повторности (рис. 4).

Так как опыт будет многолетним, на каждой опытной деланке планируют по 16 деревьев, размещенных в два ряда, т. е. по 8 деревьев в каждом ряду. По краям опыта размечают защитки из двух рядов деревьев сорта Лигол, а между деланками – из одного ряда. Поскольку повторения размещены в два яруса – два в первом и два во втором, необходимо иметь вместе с защитками 33 ряда: 20 учетных и 13 защитных – по одному защитному ряду между десятью деланками и по два справа и слева от всего опыта. В каждом ряду планируют иметь по 21 дереву: 8 учетных в каждом из двух ярусов, 2 защитных сверху и снизу опыта и одно защитное между ярусами. При расстоянии между рядами 8 м длина опытного участка, она же является и длиной базисной линии, будет составлять $8 \times 33 = 264$ м. При расстоянии между деревьями в ряду 5 м ширина участка составит $5 \times 21 = 105$ м.

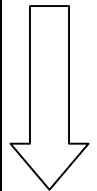
Склон		I					II				
		2	5	4	1	3	3	4	2	5	1
		5	3	2	4	1	2	1	5	3	4
		III					IV				

Рис.4. Размещение вариантов в опыте.

Для разбивки данного опыта необходимо иметь стальные мерные ленты с метками через 8 и 5 м. Ленту натягивают через 8 м и по базисной линии на местах меток ставят колья. То же самое делают на противоположной стороне базисной линии. Затем натягивают вторую мерную ленту по ширине участка и ставят колья через каждые 5 м. Расстояния между рядами и между деревьями в ряду должны быть очень точными по всему участку, в противном случае работу переделывают. Для разметки один человек (визировщик) становится на длинную сторону

участка, другой - на короткую, а третий берет колья и устанавливает их по команде визировщика на то место, где нужно посадить растение. Такое звено из трех человек может разметить за рабочий день площадь около 3 га, а участок 264×105 м – за один день.

К кольям подъезжает ямокопатель, устанавливает центр сверла точно на место вынутаго кола и в сжатые сроки копает ямы. К этому времени подвозят и саженцы: сорт Лигол ($13 \times 21 = 273$ дерева) и сорт Вишневое ($20 \times 21 = 420$). Саженцы, особенно Вишневое, должны быть стандартными, выращенными в одинаковых условиях, с одинаковым подвоем, одного возраста, одинакового качества как надземной, так и корневой системы, без следов болезней и повреждений вредителями.

Корни саженцев опускают в густую земляную болтушку, в которую добавлено 0,2 г гетероауксина на 10 л воды для лучшей приживаемости растений, разносят саженцы по рядам, строго следя за тем, чтобы не перепутать сорта, и сразу же сажают. В случае промедления с посадкой корни тут же присыпают землей, чтобы они не подсыхали. Соблюдение этих мер гарантирует одинаковую приживаемость саженцев.

Сажают вдвоем под посадочную доску, контролируя место дерева вдоль и поперек ряда и исправляя ранее допущенные ошибки. При посадке на плантаже корневая шейка должна быть на уровне почвы. После посадки равномерно утаптывают почву. Чтобы посадка была одинаковой во всех вариантах, отдельным звеньям поручают посадку целых повторений. Всю работу необходимо провести в один день и сразу же полить деревья одинаковым количеством воды, в среднем по три ведра на дерево. Чтобы вода попала в зону корней, перед поливом делают лунку конусом к дереву. Затем деревья окучивают и мульчируют.

При осенней посадке предусматривают защиту деревьев от грызунов. Весь остальной уход проводят согласно рекомендациям для данной зоны.

Перед закладкой опыта размещают варианты методом рендомизации, схему опыта наносят на план, затем нумеруют ряды и деревья.

На опытных делянках в междурядьях сада высевает ту

или иную культуру в оптимальные агротехнические сроки. Уход за междурядными культурами проводят по принятым рекомендациям.

Аналогично закладывают опыты с другими многолетними культурами.

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность почвенно-биологического обследования участка при закладке опытов с садовыми культурами?
2. Какие почвы пригодны для проведения полевых опытов с садовыми культурами?
3. В чем сущность проведения рекогносцировочного и уравнительного посевов?
4. В чем особенности закладки опытов с плодовыми культурами?

ГЛАВА 4. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ ПОЛЕВОГО ОПЫТА В САДОВОДСТВЕ

К основным элементам методики опытного дела относятся опытные делянки, их размер, форма и ориентация на местности; повторность и повторения; защитные полосы (защитки).

4.1. Число вариантов

Число вариантов в схеме любого опыта является обычно заранее заданной величиной, которая всецело определяется его содержанием и задачами. Число вариантов не может оказать влияния на типичность опыта, но может существенно сказаться на его ошибке, так как при прочих равных условиях опыт с большим числом вариантов будет занимать большую площадь. Увеличение числа вариантов в опыте сверх 12-16 на пестрых и выравненных участках с закономерной территориальной изменчивостью плодородия почвы значительно увеличивает ошибку эксперимента. При случайном варьировании пестроты плодородия, т. е. на участках, где территориальная изменчи-

вость выражена слабо, ошибка опыта, независимо от величины коэффициента вариации, при увеличении числа вариантов с 6 до 50 также возрастает, но в значительно меньшей степени.

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

В связи с этим при разработке схемы необходимо осторожно увеличивать число вариантов и стремиться к тому, чтобы в опыте было не более 12-16 вариантов и 60-64 делянок. Опыты с большим числом вариантов требуют, как правило, более сложных методов постановки: введения в каждое повторение двух-трех контрольных вариантов, использования метода расщепленных делянок и смешивания при закладке многофакторных опытов или метода решетки при испытании большого набора номеров (сортов, гибридов) на первых этапах селекционной работы.

Если вариантов очень мало, например 2-3, то необходима более высокая повторность, чтобы иметь достаточное число наблюдений для правильной оценки ошибки опыта. Характерно, что при более крупных делянках увеличение числа вариантов значительно сильнее увеличивает ошибку опыта, чем при делянках меньшего размера, и это следует учитывать при планировании методики эксперимента.

4.2. Повторность и повторение

Одно из обязательных требований методики опытного дела – повторность опыта во времени и пространстве. Повторности необходимы:

- 1) для снижения ошибки опыта и повышения его точности;
- 2) для предотвращения влияния на результаты опыта случайных факторов;
- 3) для более точного определения средних арифметических показателей;

4) для увеличения числа степеней свободы и повышения достоверности различий между средними арифметическими;

5) для объективной статистической оценки опыта.

Во времени опыт повторяют не менее трех лет.

Выбор повторности в пространстве зависит от тех же условий, что и размер опытной делянки. Кроме того, повторность определяется размером самой делянки. Повторность должна обеспечивать необходимую точность опыта.

Таким образом, удовлетворительную точность можно получить, либо увеличивая размер делянки и уменьшая повторность, либо, наоборот, уменьшая размер делянки и увеличивая повторность. Скажем, при 8 плодовых деревьях на делянке повторность может быть четырех-шестикратной, при 24 – двух-трехкратной.

Чем меньше варьирует урожай, тем меньше может быть повторностей. Так, в опытах с яблоней увеличение коэффициента вариации урожая с 25 до 35% увеличивало ошибку опыта на 1-2%. Это значит, что за счет уменьшения варьирования урожая на 10% повторность можно уменьшить с шести- до четырехкратной (Моисейченко и др., 1994).

На варьирование урожая садовых растений значительно влияют агротехнические приемы, изучаемые в опытах. Чем менее благоприятен агроприем (высокие дозы гербицидов, удобрений, большие нормы полива, глубокая вспашка с сильным порезом корней плодовых культур и т. п.), тем сильнее варьирует урожай. Поэтому в опытах, где изучают подобные агроприемы, повторность необходимо увеличивать.

Варьирование урожая плодовых культур зависит и от помологического сорта. Отмечено, что сильнее всего меняется урожай у старых сортов.

Варьирование урожая связано с возрастом плодовых растений. В период полного плодоношения урожаи наиболее стабильны, у молодых и старых деревьев они сильно колеблются. Отсюда следует, что в молодых и старых садах число повторностей следует увеличивать.

В условиях производства иногда приходится закладывать опыты в изреженных плодовых насаждениях. Следует иметь в виду, что чем больше изреженность деревьев, тем выше коэф-

фициент варьирования урожая. Поэтому в изреженных насаждениях повторность опытов увеличивают. Минимальной повторностью в большинстве опытов считается трехкратная.

Оптимальное число повторностей для опыта можно рассчитать по следующей формуле:

$$n = t^2 \times (V : s_x \%),$$

где t – критерий Стьюдента на определенном уровне вероятности,

V – коэффициент вариации, %,

$s_x \%$ – заданная точность опыта.

Для этого надо знать коэффициенты вариации урожая, рассчитанные по средним арифметическим каждой опытной деланки каждого варианта.

Если в аналогичных условиях опыты уже проводили и результаты обработаны методом дисперсионного анализа, коэффициенты вариации можно получить из данных этих опытов.

4.3. Площадь, направление и форма деланки

Относительно формы и ориентации опытных деланок нет единых рекомендаций. Вопрос решается в каждом случае в зависимости от культуры, задач опыта и его конкретных условий

Общепринято, что опытная деланка должна быть **прямоугольной и удлиненной**. Чем больше отношение длины деланки к ее ширине при ориентации длинной стороной вдоль основного направления варьирования урожая и плодородия почвы, тем выше точность опыта и меньше его ошибки. Удлиненная деланка лучше охватывает разнообразие участка как по плодородию, так и по урожаю. Однако при варьировании плодородия в двух взаимно перпендикулярных направлениях удлиненная форма деланки не рекомендуется.

В некоторых случаях более целесообразна **квадратная форма деланки**. Она предпочтительнее, когда изучают средства химической борьбы с вредителями, так как пестициды с узких деланок могут сноситься ветром на соседние. Кроме того, при квадратной форме деланки меньше вредителей перемещается с деланки на деланку.

При изучении болезней садовых культур и винограда де-

лянки располагают длинной стороной вдоль рядов, так как многие болезни распространяются вдоль рядов через сомкнувшиеся кроны, и болезнь можно ограничить на делянке, где она началась.

На защитные ряды вокруг удлиненных делянок требуется больше деревьев, кустов ягодников, винограда, овощных растений и земельной площади. Так, если на делянке девять деревьев, посаженных в один ряд, а защитка состоит из одного ряда вокруг делянки, то на нее уйдет 20 деревьев. При квадратной форме делянки (три ряда, по три дерева в ряду) на защитки уйдет только 16 деревьев, т. е. на 20% меньше. Итак, если размер опытного участка ограничен, а защитки обязательны, то удлиненные делянки менее выгодны. Лучшим считается отношение ширины к длине 1:10. Однако это отношение зависит и от уровня механизации производственных процессов, как то: внесения удобрений, обработки почвы, полива, посева междурядных культур и др.

В большинстве опытов используют делянки из двух рядов плодовых растений, одного-двух рядов ягодников, винограда и нескольких рядов овощных культур. При наличии господствующих ветров, сильно повреждающих урожаи, делянки длинной стороной размещают в направлении этих ветров, чтобы уравнять их влияние.

Лучшей формой повторений (блоков) считается квадратная. Желательно, чтобы все повторения одного и того же опыта имели одинаковую форму и размер.

4.4. Размер опытных делянок

В плодоводстве, декоративном садоводстве и виноградарстве под размером опытной делянки подразумевают число учетных растений на ней. Это число зависит от многих условий: вида опыта и его задач, используемых растений и подвоев, способа формирования кроны и возраста деревьев, варьирования урожая и окружности штамба, уровня механизации и длительности опыта, числа изучаемых факторов и вариантов, места проведения опыта и возможностей материальных затрат на него, числа повторностей и планируемой точности опыта.

С увеличением числа плодовых растений на делянке до некоторого предела относительная ошибка опыта ($s_x\%$) снижается, а точность возрастает. При наличии четырех деревьев на делянке точность опытов неудовлетворительна, с увеличением числа деревьев до двадцати четырех ошибки в опытах снизились до 5-7%, что свидетельствует об удовлетворительной точности (Моисейченко и др., 1994).

В исследованиях (Моисейченко и др., 1994) установлено, что хорошую и удовлетворительную точность опыта можно получить, имея на делянке по 6 деревьев яблони в пятикратной повторности.

Для опытов с кустовыми ягодными культурами (смородина, крыжовник) используют делянки из 10-20 растений. В опытах с земляникой применяют делянки размером 20-40 м². Могут быть делянки и меньшего размера, состоящие из двух лент, по 12 растений в каждой, т. е. из 24 растений.

Для опытов с малиной, выращиваемой лентами, используют делянки, состоящие из одной ленты длиной 10 м. В плодовом питомнике на опытных делянках может быть от 40 до 60 растений, а в школке сеянцев используют делянки размером 20-25 м².

Приведенные выше размеры делянок в достаточной мере ориентировочны, их конкретизируют в каждом опыте, при этом исходят из размера земельной площади. Если площадь ограничена, то лучше уменьшить размер делянки и одновременно увеличить число повторностей.

При большом числе вариантов в опыте и нехватке обслуживающего персонала площадь делянки увеличивают, а повторность уменьшают, чтобы уменьшить общее число делянок в опыте. Однако число степеней свободы ошибки (v_z) не должно быть меньше 15-25, иначе точность опыта существенно снизится.

В длительных опытах с плодовыми культурами возможны выпадения растений, которые при малых делянках могут привести к выбраковке не только отдельных делянок, но и всего опыта. Поэтому в таких опытах на делянке высаживают не менее 10-16 растений, уменьшив соответственно число повторностей. В то же время при тщательно подобранном, хорошо выравненном по основным показателям посадочном материале число растений на делянке можно уменьшить.

Делянки больших размеров закладывают в начале многофакторного опыта с многолетними культурами, где со временем планируют введение в программу опыта новых факторов, что приведет к необходимости расщеплять первичные делянки. Размер первичной делянки в этом случае должен быть в два-четыре раза больше, чем обычно.

Если в опытах предусматривают максимальную механизацию агротехнических работ, размеры делянок соответственно увеличивают.

Разведывательные опыты с многолетними культурами с большим набором сортов и вариантов проводят, как правило, на небольших делянках, т. е. с 3-5 растениями. Несколько больше растений (6-8) берут для лабораторно-полевых опытов. Полевые и длительные опыты, особенно в условиях производства, проводят с 16-24 деревьями и 150-200 кустами винограда на опытной делянке.

Чем больше площадь питания плодовых деревьев и сила роста подвоя, тем меньше растений высаживают на опытной делянке: при сферической форме кроны и схеме посадки 6×6 м на делянке сажают около 10 растений; при схеме 4×2, 4×3 м и пальметтной формировке высаживают около 20 растений; в питомнике, где саженцы растут густо, – около 60 растений.

Чем больше средств и людей выделено для проведения опыта, тем меньше может быть размер делянки и соответственно больше повторностей.

С увеличением повторностей и числа вариантов размер опытных делянок обычно уменьшают, ибо при больших делянках значительно увеличивается вся площадь под опытом, что соответственно увеличивает варьирование урожая и снижает точность опыта.

Минимально допустимое число деревьев на делянке конкретного опыта можно рассчитать. Для этого учитывают урожай с каждого дерева делянки, составляют вариационный ряд, определяют для него коэффициент вариации (V), задают точность опыта и по его ошибке ($s_x\%$) рассчитывают допустимое число деревьев (n) по формуле $n = t^2 \times (V : s_x\%)$, где t - критерий Стьюдента на определенном уровне вероятности.

[illegible]

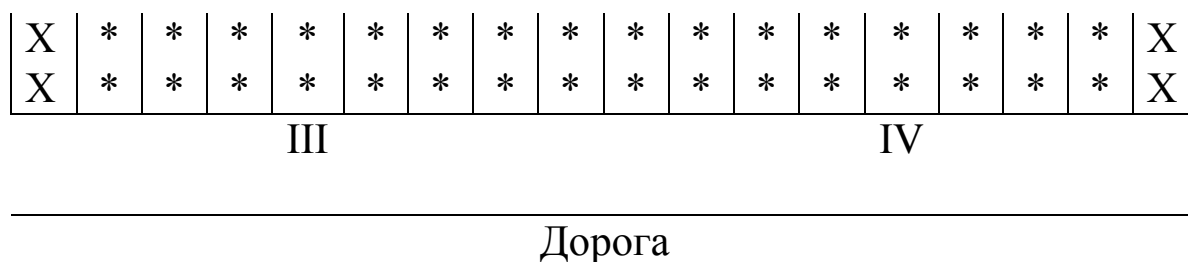


Рис. 5. Выделение защитных полос в опыте:
 XXX – защитные деревья вокруг опыта; – - защитные полосы между делянками; *** - опытные деревья; I – IV – повторения опыта

Внутренняя защитка в опытах с плодовыми культурами, как правило, состоит из одного ряда деревьев.

Опыты без защиток не желательны даже при изучении обрезки, особенно если степень обрезки разная, так как при этом будут меняться не только освещенность деревьев, но и другие факторы их жизни. Необходимы защитки и в опытах с удобрениями.

Расширять междурядья для увеличения защитного пространства в саду или же пропускать ряды на том месте, где должна быть защитка, недопустимо. Это будет методической ошибкой, ибо изменится не только площадь питания деревьев, но и все зависящие от нее условия. С каждой стороны защитных рядов выполняют те же агротехнические приемы, что и на прилегающей к защитке делянке.

В опытах с пестицидами число защитных рядов увеличивают до двух-трех, чтобы предотвратить распространение вредителей и болезней, а также устранить перенос препаратов на соседние делянки. При этом все защитные ряды обрабатывают достаточно эффективными пестицидами.

Защитки в опытах с ягодными, овощными, цветочными культурами и виноградом создают по тому же принципу. В опытах с пестицидами общая ширина защитки должна составлять около 2 м. Особое внимание следует обращать на выбор однородных окраин, на достаточное удаление опыта от высокорослых сажозащитных полос и ветроломных линий.

Если опыт закладывают одновременно с посадкой сада, в защитных рядах рекомендуется высаживать растения сорта, который является хорошим опылителем учетных сортов. Если опыты закладывают в насаждениях, посаженных ранее планируемого опыта, защитные ряды и опытные делянки делают с учетом фактического насаждения.

4.6. Характеристика методов размещения вариантов по делянкам опытного участка

Метод размещения – это определенное чередование вариантов на опытных делянках в зависимости от задач и конкретных условий опыта. Как правило, плодородие почвы в различных местах опытного участка не однородно, оно варьирует либо случайно, либо закономерно. Еще сильнее варьируют урожай и другие учитываемые показатели при выращивании многолетних растений – плодовых, ягодных, декоративных и винограда. Если это не учитывать, то одни варианты окажутся в лучших, другие – в худших условиях. В результате правило единственного логического различия нарушится и весь опыт будет поставлен под сомнение.

Исследования с садовыми культурами осложняются и колебаниями урожая по годам и вариантам. Поэтому необходимо повторять опыт не только в пространстве, но и во времени (по годам).

При закономерном варьировании плодородия почвы первые и последние варианты опыта окажутся в разных условиях, причем доля закономерного варьирования может достигать 70% общего, случайное варьирование иногда составляет 30% (Перегудов, 1969). Закономерное варьирование плодородия не устраняется изменением размера опытных делянок или числом повторностей.

Сравнительный анализ систематического и рендомизированного размещения вариантов опыта взят из работы «Основы научных исследований в плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве» (Моисейченко и др., 1994). Так, при учете урожайности 21-летних деревьев яблони сорта Кальвиль снежный вдоль рядов, расположенных в направлении небольшого скло-

на, были получены следующие результаты. В среднем было собрано с 6 деревьев на каждой из 15 делянок (т/га): 15,1; 16,6; 18,8; 18,5; 19,5; 19,7; 18,9; 19,1; 19,8; 20,8; 19,0; 20,7; 21,1; 21,5; 22,0. Урожайность изменяется от 15,1 до 22,0 т/га. Планируется заложить опыт из пяти вариантов в трехкратной повторности, при этом все варианты будут размещены в систематическом порядке (рис. 6, А), а также будут выделены три повторения.

А	I					II					III				
	15,1	16,6	18,8	18,5	19,5	19,7	18,9	19,1	19,8	20,8	19,0	20,7	21,1	21,5	22,0
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Б	I					II					III				
	15,1	16,6	18,8	18,5	19,5	19,7	18,9	19,1	19,8	20,8	19,0	20,7	21,1	21,5	22,0
	2	5	1	3	4	3	4	2	1	5	1	5	3	4	2

Рис. 6. Методы размещения вариантов на делянках полевого опыта: А – систематическое, Б – случайное, I – III - повторения опыта, 1 – 5 – варианты, верхние цифры – урожайность, т/га

На период закладки опыта средняя арифметическая урожайности 1-го варианта (контроль) составит $x_1 = (15,1 + 19,7 + 19,0) : 3 = 17,9$ т/га, 5-го варианта – $x_5 = (19,5 + 20,8 + 22,0) : 3 = 20,8$ т/га. Разница между 5-м и 1-м вариантами равна 2,9 т/га, что на 16% больше контроля (1-й вариант). Следовательно, эти варианты оказались в разных условиях. Определенные различия имеются и в других вариантах. Таким образом, разместив варианты систематическим методом, исследователь поставил их в несравнимые условия. Создается противоречие между методом размещения вариантов и закономерным варьированием урожая. Выход из этого противоречия можно найти в теории вероятности.

Согласно этой теории каждый из вариантов опыта, размещенный не систематически, а случайно (рис. 6,Б), имеет одинаковые шансы попасть в лучшие, средние или худшие условия. По таблице случайных чисел (таблица 8 приложений) выбираем

из двухзначных чисел последнюю цифру в пределах от 1 до 5 (по числу вариантов); эти цифры проставляем сначала в I, затем во II и III повторениях. При этом средняя арифметическая урожайности 1-го варианта составит $x_1 = (18,8 + 19,8 + 19,0) : 3 = 19,2$ т/га, а 5-го – $x_5 = (16,6 + 20,8 + 20,7) : 3 = 19,4$ т/га.

Как видно, разница в урожайности равна всего 0,2 т/га, а не 2,9 т/га, как при систематическом методе размещения. В этом проявляется преимущество **случайного метода размещения вариантов**, который называют еще **методом рендомизации**.

Метод рендомизации имеет ряд преимуществ перед систематическим методом (Доспехов, 1985):

- исключается субъективный подход к размещению вариантов, исследователь получает объективные результаты;

- сводится до минимума влияние закономерного, систематического варьирования плодородия почвы и других условий выращивания растений;

- выдерживается правило единственного логического различия, ибо по теории вероятности рендомизация ставит все варианты опыта в равные условия;

- рендомизация и дисперсионный анализ взаимосвязаны и базируются на теории вероятности, поэтому, размещая варианты опыта рендомизированно, исследователь имеет веские основания использовать для обработки результатов именно дисперсионный анализ, в то время как применение его для обработки результатов опыта, где использовалось систематическое размещение вариантов, неоправданно;

- рендомизация является основой построения современных схем опытов, особенно многофакторных, которые значительно расширяют возможности оценки не только действия, но и взаимодействия изучаемых факторов;

- рендомизация устраняет необходимость проведения рекогносцировочных посевов.

Метод размещения вариантов должен быть по возможности прост, обеспечивать проведение опыта с минимальными ошибками независимо от вероятных случайностей (порча некоторых растений, их гибель от болезней и вредителей и т. д.), а также обеспечивать гибкость опыта, т. е. возможность введения новых вариантов вместо старых, уже не представляющих интереса.

Кроме метода рендомизации, как наиболее соответствующего современным требованиям, в некоторых случаях можно пользоваться стандартным методом.

Стандартный метод – размещение контроля (стандарта) рядом с каждым опытным вариантом. Это один из первых методов, которым начали пользоваться экспериментаторы. Размещение стандарта через один вариант называют *ямб-методом* (рис. 7, А). При этом под стандарт (контроль) отводится половина опытных делянок. Для ее уменьшения до одной трети используют *дактиль-метод* – размещение контрольных делянок через две опытные (рис. 7, Б).

А	С	1	С	2	С	3	С	4	С	1	С	2	С	3	С	4	С	1	С	2	С	3	С	4	С
	I								II								III								

Б	С	1	2	С	3	4	С	1	2	С	3	4	С	1	2	С	3	4	С
	I						II						III						

Рис. 7. Стандартные методы размещения вариантов:

А – размещение ямб-методом; Б – размещение дактиль-методом; I-III – повторения; С – стандарт

И при *ямб-методе*, и при *дактиль-методе* опыт должен не только начинаться, но и заканчиваться стандартом.

Стандартные методы размещения вариантов могут использоваться в сортоиспытании. Их применяют, когда имеется очень мало семян нового сорта или гибрида. Эти методы весьма эффективны при большой пестроте плодородия почвы и других условий выращивания, так как каждый вариант контролируется расположенным рядом стандартом. Однако для стандартных методов необходима значительная площадь, и в этом заключается их недостаток.

4.7. Случайный метод, или метод рендомизации

Этот метод используется в научных исследованиях во всех развитых странах мира. Преимущества и эффективность рен-

доминированного размещения вариантов убедительно были доказаны как зарубежными (Р. Фишером, Д. Снедекором, С. Пирсом), так и отечественными (В.Н. Перегудовым, Б.А. Доспеховым, В.В. Налимовым) учеными.

Варианты в опытах можно размещать методами рендомизированных повторений, латинского квадрата, латинского прямоугольника, полной рендомизации, расщепленных делянок, смешивания и т. д. в зависимости от варьирования плодородия почвы, других условий выращивания, урожая растений, показателей их роста.

Рендомизированные повторения – случайное размещение всех вариантов опыта в пределах каждого повторения. При этом в каждом повторении каждый вариант встречается только один раз (рис. 8).

Например, в опыте планируется пять вариантов ($l = 5$) и четыре повторности ($n = 4$). В пределах каждого повторения варьирование плодородия почвы и условий выращивания должно быть минимальным, а между повторениями оно может быть больше. Весь опытный участок крестообразно делят на четыре повторения, в каждом из которых выделяют равновеликие делянки по числу вариантов.

СКЛОН ↓	I					II				
	4	5	2	3	1	2	4	5	1	3
	2	1	5	4	3	4	3	1	5	2
	III					IV				

Рис. 8. Размещение вариантов опыта методом рендомизированных повторений: I – IV – повторения; 1 – 5 - варианты

По таблице случайных чисел (табл. 8 приложений) выбирают цифры от 1 до 5 и размещают их в первом повторении. Затем в любом другом столбце и строчке аналогично выбирают цифры от 1 до 5 для второго, третьего и четвертого повторений. Направление основного варьирования плодородия почвы и других условий показано на рисунке стрелкой слева. Делянки размещают длинной стороной вдоль этого варьирования.

Основная цель данного метода размещения вариантов – обеспечить максимальное различие вариантов между повторениями и снизить варьирование внутри повторений. Если различий между повторениями нет или они очень незначительны, метод рендомизированных повторений будет малоэффективным. Для того чтобы каждое повторение было однородным, оно должно быть небольшим, а форма повторений – строго одинаковой.

Размещение вариантов методом рендомизированных повторений применяют:

1) когда неизучаемый фактор, например плодородие почвы, варьирует в одном направлении или же по повторениям, а внутри он более выравнен;

2) при небольшом числе и размере опытных делянок.

Метод рендомизированных повторений представляет собой ортогональную схему. Это означает, что в каждом повторении имеется полный набор вариантов, каждый из которых встречается в блоке (повторении) только один раз. Благодаря этому данный метод приобретает наибольшую устойчивость и гибкость.

Устойчивость рендомизированных повторений позволяет исключать без нарушения метода отдельные повторения и целые варианты при их выпадах по разным причинам. При этом ортогональный принцип сохраняется, хотя потеря некоторых повторений или вариантов и снижает ценность опыта. Гибкость метода рендомизированных повторений заключается в том, что он дает возможность вводить новые дополнительные варианты вместо старых, уже не представляющих интереса.

При увеличении числа вариантов увеличивается размер каждого повторения и соответственно варьирование местоположения внутри повторений. Это снижает эффективность метода рендомизированных повторений. *При 8-10 и более вариантах вводят по два контроля в каждом повторении.*

В рендомизированных повторениях при пяти вариантах и четырех повторениях число степеней свободы рассчитывают по следующим формулам:

1) общая дисперсия: $n \times l - 1 = 4 \times 5 - 1 = 19$;

2) дисперсия повторений: $n - 1 = 4 - 1 = 3$;

3) дисперсия вариантов: $l - 1 = 5 - 1 = 4$;

4) ошибка: $(l - 1) \times (n - 1) = (5 - 1) \times (4 - 1) = 12$.

При такой же повторности и таком же числе вариантов, размещенных методом полной рендомизации (см. далее), число степеней свободы для ошибки было бы равно $n \times l - l = 4 \times 5 - 5 = 15$, т. е. на 3 больше, чем в методе рендомизированных повторений. Однако потеря в числе степеней свободы для ошибки компенсируется в методе рендомизированных повторений минимальной изменчивостью местоположения и самих опытных растений внутри блока.

Рендомизированный латинский квадрат. При таком размещении в каждом ряду и в каждом столбце имеется полный набор вариантов, из которых ни один не повторяется (рис. 9). Благодаря такому размещению при различных окраинах опыта (продольная или торцовая стороны, центральная дорога и т. д.) все варианты будут находиться в одинаковых условиях и средние арифметические по вариантам будут объективными. В этом заключается первое преимущество метода латинского квадрата.

Второе преимущество – высокая устойчивость схемы, так как допускаются потери любого столбца и любого ряда без ущерба для всего опыта.

Третье преимущество – гибкость метода, так как он позволяет при необходимости вводить новые дополнительные варианты или контроли.

И наконец, использование латинского квадрата устраняет влияние систематического (закономерного) варьирования условий опытного участка по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Однако латинский квадрат имеет преимущества перед рендомизированными повторениями только при форме делянок, близкой к квадрату.

СТОЛБЦЫ

РЯДЫ	2	4	1	3

1	3	2	4
4	1	3	2
3	2	4	1

Рис. 9. Размещение четырех вариантов в четырех повторениях методом рендомизированного латинского квадрата

Размещение вариантов методом латинского квадрата применяют:

- 1) если неизучаемые факторы изменяются в двух взаимно перпендикулярных направлениях, например вдоль склона и от лесополосы;
- 2) если число повторений равно числу вариантов ($n = l$);
- 3) при числе вариантов от четырех до семи.

Суть в том, что при трех вариантах и, следовательно, трех повторностях обобщенная ошибка опыта опирается на небольшое число наблюдений и малопригодна для оценки достоверности различий. При 8-10 вариантах необходима 8-10-кратная повторность, то есть сам опыт становится громоздким.

Последние два условия ограничивают возможность применения метода.

В случае наличия первого условия размещение вариантов латинским квадратом эффективнее рендомизированных повторений и метода полной рендомизации.

Чтобы не увеличивать число повторностей, но использовать преимущества латинского квадрата, при большом числе вариантов их можно размещать методом латинского прямоугольника.

Рендомизированный латинский прямоугольник — это рендомизированное размещение вариантов в пределах каждого

ряда и по отдельным блокам. Такое размещение позволяет уменьшить влияние неизучаемых факторов, действующих в трех направлениях: в двух взаимно перпендикулярных и по диагонали. На рисунке 10 показано размещение 12 вариантов в четырехкратной повторности.

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

Рис. 10. Размещение 12 вариантов опыта методом латинского прямоугольника 4х4х3

В латинском прямоугольнике число вариантов всегда должно быть кратным числу повторностей. При трехкратной повторности вариантов может быть 9, 12, 18 и т. д., при четырехкратной – 12, 16, 20. Как видим, число вариантов должно делиться без остатка на число повторностей, а частное от деления показывает, на какое количество столбцов надо разделить каждый блок (столбец). В приведенном примере 12 (число вариантов), деленное на 4 (число повторностей), дает 3, т. е. каждый блок должен делиться на 3 вертикальных столбца. При этом полный набор из 12 вариантов имеется в каждом ряду и в каждом блоке. Такое размещение лучше других позволяет контролировать неизучаемые факторы, если они изменяются в двух взаимно перпендикулярных направлениях и по диагонали.

Полную рендомизацию применяют:

1) когда индивидуальное варьирование роста и урожая растений превышает варьирование плодородия почвы, как это бывает у многолетних растений;

2) в опытах с небольшим числом вариантов и небольшой площадью делянок, т. е. при ограниченной площади участка;

3) когда коэффициент варьирования по повторностям сведен к нулю, а сумма квадратов дисперсии повторения минимальна.

Например, в опыте предполагается заложить три варианта в четырех повторностях при небольшом размере опытных делянок (20 м^2). Для размещения вариантов методом полной рендомизации пользуются таблицей случайных чисел.

Для этого, выбрав наугад какую-либо строчку и колонку цифр, продвигаются либо вниз-вверх, либо влево-вправо, отмечая подряд цифры от 1 до 3. Этими цифрами заполняют клетки на плане опыта. Варианты могут распределяться следующим образом (рис. 11).

При этом не в каждом столбце будет полный набор всех трех вариантов. Возможно и повторение вариантов, как во втором и третьем столбцах.

Преимущества метода полной рендомизации заключаются в следующем:

1) в опыте максимально увеличивается значение критерия Фишера фактического ($F_{\text{факт}}$), что повышает достоверность различий между вариантами;

2) при полной рендомизации очень легко выявить варьирование между делянками варианта, поскольку для этого необходимо только вычислить отдельно стандартную ошибку между делянками каждого варианта;

3) максимально увеличивается число степеней свободы остаточной дисперсии, что позволяет уменьшить ошибку опыта и, следовательно, повысить его точность.

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

Рис. 11. Размещение вариантов в опыте при полной рендомизации: 1 – 3 – варианты

Рассчитывают число степеней свободы дисперсий: общей (v_v), вариантов (v_v) и остатка (v_z). Для трех вариантов и четырех повторностей число степеней свободы будет следующим: $v_v = n \times l - 1 = 4 \times 3 - 1 = 11$; $v_v = l - 1 = 3 - 1 = 2$; $v_z = n \times l - l = 4 \times 3 - 3 = 9$. Именно такое число степеней свободы остатка и обеспечивает снижение ошибки опыта, т. е. повышает его точность. В случае рендомизированных повторений число степеней свободы остатка составило бы $(l - 1) \times (n - 1) = (3 - 1) \times (4 - 1) = 6$, т. е. в 1,5 раза меньше.

Если увеличивают число вариантов, повторностей, а также площадь делянок, то возрастают общая площадь под опытом, а следовательно, и различия в условиях выращивания на участке. При этом эффективность полной рендомизации снижается и приходится пользоваться другими методами рендомизации.

Метод рендомизированных расщепленных делянок – это рендомизированное размещение вариантов факторов первого порядка на основных делянках, а факторов второго и третьего порядков на субделянках, на которые расщепляют основные делянки. Такой метод размещения применяют:

- 1) в многофакторных опытах;
- 2) если в опыте внимание акцентируют на взаимодействии факторов, а не на каждом из них отдельно, например взаимодействии глубины обработки и влажности грунта, удобрения и полива;
- 3) если в опыт надо ввести группу новых дополнительных вариантов;
- 4) если надо увеличить точность исследований для каких-то определенных более важных факторов, несколько снизив ее для второстепенных.

На рисунке 12 показано размещение вариантов двухфакторного опыта: фактор A – сорт, фактор B – обработка регуляторами роста. В опыте два сорта (a_1, a_2) и три дозы регулятора роста (b_1, b_2, b_3), которые размещены рендомизированно в каждом из четырех повторений. Буквами a_1 и a_2 обозначены делянки фактора первого порядка, буквами b_1, b_2, b_3 – делянки фактора второго порядка, т. е. субделянки.

a ₂			a ₁			a ₁			a ₂			a ₂			a ₁			a ₁			a ₂		
b ₃	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₃	b ₂	b ₁	b ₃	b ₁	b ₃	b ₂	b ₂	b ₃	b ₁	b ₃	b ₂	b ₁	b ₁	b ₂	b ₃	b ₁	b ₂	b ₃
I						II						III						IV					

Рис. 12. Размещение двух градаций фактора A (a_1 и a_2) и трех градаций фактора B (b_1 , b_2 , b_3) в четырех повторениях (I- IV)

Расщепление делянок лучше проводить в таком порядке: делянки первого порядка – гибриды и сорта; делянки второго порядка – обработка почвы; делянки третьего порядка – обработка регуляторами роста или опрыскивание пестицидами. Например, в опыте изучают два сорта (a_1 , a_2), три вида регуляторов роста (b_1 , b_2 , b_3) и две системы защиты растений от вредителей и болезней (c_1 , c_2). Размещение вариантов этого опыта методом расщепленных делянок представлено на примере одного повторения (рис. 13).

Аналогично размещают варианты и в остальных повторениях опыта. Новые варианты можно вводить путем расщепления делянок предыдущих порядков. Для этого необходимо, чтобы делянки первого порядка были на столько больше оптимального для данного опыта размера, на сколько их предполагается расщеплять.

a ₁						a ₂					
c ₁	c ₂	c ₂	c ₁	c ₁	c ₂	c ₂	c ₁	c ₁	c ₂	c ₂	c ₁
b ₂		b ₃		b ₁		b ₃		b ₁		b ₂	

Рис. 13. Размещение трехфакторного опыта методом расщепленных делянок

Для многофакторных опытов можно использовать, кроме метода расщепленных делянок, также метод рендомизированных повторений, размещая все варианты в пределах каждого повторения.

Метод смешивания. Из предыдущего рисунка видно, что чаще всего встречаются субделянки третьего фактора (c), затем субделянки второго фактора (b), а меньше всего закладывают

делянок первого фактора (а). Таким образом, факторы второго и третьего порядков контролируются в опыте значительно лучше, чем фактор первого порядка.

Если необходимо более точно проконтролировать влияние факторов первого порядка, увеличивают число делянок с фактором (а) за счет уменьшения числа делянок с факторами (в) и (с). Такое изменение нарушает первоначальный порядок размещения вариантов, как бы смешивает их, поэтому подобное размещение получило название *метода смешивания*. При этом методе в каждом повторении все варианты подразделяют на несколько групп с таким расчетом, чтобы различия между группами второго и третьего порядков представляли меньший интерес для исследователя, чем факторы первого порядка. В результате экспериментатор теряет информацию о взаимодействиях высших порядков, что является отрицательной стороной метода.

Однако метод смешивания имеет и важное преимущество. С увеличением числа вариантов многофакторных опытов значительно расширяется используемая площадь. При этом варианты могут оказаться в неодинаковых условиях, в результате чего принцип единственного различия нарушится. Для того чтобы этого избежать, варианты всего опыта делят на несколько групп, равноценных по дозам изучаемых факторов. На площади каждого повторения выделяют блоки с одинаковыми условиями, в каждом из этих блоков размещают выделенные группы вариантов.

Например, необходимо составить схему трехфакторного опыта $2 \times 2 \times 2$, включающего восемь вариантов, размещенных в трех повторениях (схема и анализ взяты из работы (Моисейченко и др., 1994)). Схема опыта кодируется числами, в которых первая цифра обозначает градации фактора *A*, вторая – фактора *B* и третья – фактора *C*. Для всех трех факторов первые градации обозначим нулем (0), а вторые – цифрой 1. Схема опыта примет следующий вид, как показано на рисунке 14.

000 3. 010 5. 110 7. 011
2. 100 4. 001 6. 101 8. 111

I								II							
2	3	8	4	1	7	6	5	4	3	8	2	7	6	1	5
10 0	01 0	11 1	00 1	00 0	01 1	10 1	11 0	00 1	01 0	11 1	10 0	01 1	10 1	00 0	11 0
1				2				1				2			

III							
3	4	8	2	7	5	1	6
01 0	00 1	11 1	10 0	01 1	11 0	00 0	10 1
1				2			

Рис. 14. Размещение восьми вариантов опыта $2 \times 2 \times 2$ в двух блоках при трех повторениях: I - III - повторения; 1, 2 - блоки; внутри блоков - номера вариантов, под ними расположены коды

Выделим из восьми вариантов две группы, равноценные по сумме градаций каждого фактора: первая группа – это варианты 1, 5, 6, 7, вторая – 2, 3, 4, 8. Каждую из этих групп разместим рендомизированно, как это показано на рисунке.

Группировка вариантов правильна, если сумма градаций каждого фактора для всех блоков одинакова. В нашем примере в первом блоке первого повторения сумма первых цифр кодов составляет $1 + 0 + 1 + 0 = 2$, сумма вторых цифр – $0 + 1 + 1 + 0 = 2$, третьих – $0 + 0 + 1 + 1 = 2$.

Аналогичная закономерность сохраняется во всех остальных блоках. Кроме того, группировка вариантов в блоке будет правильной, если сумма квадратов каждого кода в каждом блоке представлена одним и тем же числом. Например, для первого блока первого повторения она составляет $100^2 + 010^2 + 111^2 + 001^2 = 12422$. Точно такие же результаты получаются для всех остальных блоков опыта. Это неопровержимо доказывает равноценность вариантов в блоках по градациям всех трех факторов. Так как каждая группа вариантов равноценна, то существующие различия условий выращивания можно вычлени-

пользуя дисперсионный анализ.

Метод смешивания особенно эффективен при увеличении числа градаций, когда необходимо использовать много вариантов. Например, в трехфакторном опыте имеется 27 вариантов ($3 \times 3 \times 3$) (схема и анализ взяты из работы (Моисейченко и др., 1994)).

Из них выделяют три группы вариантов, размещение которых для одного повторения показано на рисунке 15. В блоках сумма градаций каждого фактора равна 9. Например, для фактора А в 1-м блоке имеем $2 + 0 + 1 + 1 + 0 + 1 + 0 + 2 + 2 = 9$. Такой же результат получаем для 2-го и 3-го блоков. Сумма квадратов каждого блока составляет 171495. Как видно, и в этом опыте группы вариантов равноценны, что позволяет разместить варианты с соблюдением правила единственного логического различия.

1. 000 4. 010 7. 020 10. 001 13. 011 16. 021 19. 002 22. 012 25. 022
2. 100 5. 110 8. 120 11. 101 14. 111 17. 121 20. 102 23. 112 26. 122
3. 200 6. 210 9. 220 12. 201 15. 211 18. 221 21. 202 24. 212 27. 222

1-й блок	6. 210	1. 000	8. 120	14. 111	16. 021	20. 102	22. 012	27. 222	12. 201	Повторение
2-й блок	19. 002	5. 110	13. 011	3. 200	26. 122	24. 212	18. 221	11. 101	7. 020	
3-й блок	21. 202	25. 022	2. 100	15. 211	23. 112	9. 220	4. 010	17. 121	10. 001	

Рис. 15. Размещение 27 вариантов опыта $3 \times 3 \times 3$ в трех блоках одного повторения; внутри блоков – номера вариантов, под ними расположены коды

В качестве субделянок многофакторных опытов могут быть повторные сборы земляники, малины, огурца, томата, дыни, арбуза и других многосборовых культур. Аналогично можно выделять субделянки при повторных отборах образцов для анализа растений и питательного субстрата.

Контрольные вопросы:

1. Каким образом определяют число вариантов в опыте?
2. Что такое повторение и повторность в опыте?
3. Каковы площадь и форма делянки для разных садовых культур?
4. Какими параметрами определяют размер делянки для разных садовых культур?
5. Каковы размеры и размещение защитных полос в опыте?
6. Какие методы размещения вариантов по делянкам опыта применяют в садоводстве?
7. В чем сущность рендомизированного метода?
8. Какие виды рендомизированного метода применяют в садоводстве и в чем их сущность?

ГЛАВА 5. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА С САДОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Планирование опыта – главный момент в начале той или иной 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 компьютерную технику.

5.1. Общие принципы и этапы планирования эксперимента

Впервые математическое планирование опытов было предложено в начале XX века английским математиком Р. Фишером, автором дисперсионного анализа.

Математическое планирование эксперимента повышает производительность труда исследователя, надежность получаемых результатов, позволяет уменьшить число вариантов и опытов, а также найти оптимальные варианты, которые не были запланированы.

Но метод математического планирования мало разрабо-

тан, а новая терминология затрудняет его использование.

Основная задача при планировании опыта – поиск оптимальных условий роста растений с целью повышения урожайности и улучшения качества продукции. 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.

Действующий фактор (X) (удобрение, полив, обрезка и т.п.) и результат этого действия (Y) (урожайность, качество полученной продукции) – это параметры оптимизации или критерии оптимизации, целевая функция. *Математическая модель*, связывающая параметр оптимизации с действующими факторами, имеет вид следующего уравнения: $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$, где $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ – функция отклика.

Градации каждого фактора, или его дозы, называются *уровнями фактора*. Каждый фактор в опыте имеет определенное число дискретных уровней, что облегчает построение эксперимента. Набор уровней по каждому фактору определяет число вариантов в опыте. Если число уровней для всех факторов одинаково, 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. Очевидно, что провести опыт с таким множеством вариантов практически невозможно, поэтому надо исключить промежуточные малоэффективные варианты. Однако делать это следует не субъективно, а с использованием методов математической статистики при планировании экспериментов. Математическое планирование применяют лишь тогда, когда опыт может быть воспроизведен, а факторы управляемы.

Управляемые факторы – сорт, подвой, удобрение, обработка почвы, схема посадки и т. п., малоуправляемые – температура воздуха и почвы, приход солнечной радиации и т. п. Неправляемыми факторами в плодоводстве, овощеводстве, виноградарстве считаются атмосферные осадки, зимние морозы. Неправляемые, дрейфующие факторы нарушают процесс воспроизводимости опыта, в этих случаях обращаются к так называ-

емому активно-пассивному эксперименту, когда связи между неуправляемыми факторами и параметрами оптимизации устанавливаются только по результатам наблюдений.

Планирование опыта – это, во-первых, выбор минимального числа вариантов, во-вторых, выбор условий проведения опыта с целью оптимизации. При этом используют два подхода:

1) построение на основании известных механизмов (физики почв, физиологии растений, биологии, химии и др.) физической модели изучаемого процесса, позволяющей получить математическую модель объекта в виде системы дифференциальных уравнений;

2) статистический подход, который дополняет первый.

Математическая модель эксперимента – это уравнение, связывающее параметры оптимизации с факторами жизни растений.

Выбор параметров. *Параметр* – это то, что надо оптимизировать, это реакция на факторы. Параметров может быть множество: урожайность, сахаристость плодов, содержание в них витаминов, лежкость, 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 исходящих. Правильный выбор параметра оптимизации – главное условие успеха математического планирования.

Параметры оптимизации должны отвечать определенным требованиям:

1. *Быть измеряемыми.* Если параметр неизмеряемый, то для его количественного выражения используют ранговый подход. При этом параметрам присваивают оценки – ранги по шкале: двухбалльной, пятибалльной, десятибалльной и т. д. При двухбалльной шкале ранговый параметр имеет ограниченную область определений: да или нет; хорошее состояние растений или плохое; повреждены плоды болезнями или нет. Следовательно, для каждого такого параметра можно построить ранговый аналог. Однако ранговый подход грубее непосредственного

измерения количественных параметров (масса урожая, содержание сахаров, витаминов, кислот и т. п.).

2. *Параметр оптимизации должен выражаться одним числом.* Если параметр выражается отношением, например, отношение азота к фосфору в удобрениях равно 3:2, т. е. 1,5, 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 оптимизации 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 оптимизации 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. 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. Обобщенный отклик параметров $Y = \sqrt[n]{Y_1 Y_2 \dots Y_n}$, где n – число частных откликов, Y_1, Y_2, \dots, Y_n – частные отклики (по урожайности, сахаристости, транспортабельности и т. д.).

Однако частные отклики не одинаковы по значимости, т. е. не равноценны, и поэтому расчет обобщенного отклика будет искажен. Чтобы этого избежать, все частные отклики ранжируют по важности и вводят для каждого из них значение веса. При этом пользуются шкалой желательности.

Желательность	Отметки на шкале
Очень хорошая	1,00-0,80
Хорошая	0,79-0,63
Удовлетворительная	0,62-0,37
Плохая	0,36-0,20
Очень плохая	0,19-0,00

Значение частного отклика переводят в эту шкалу. Отметка 0,37 является границей допустимых значений, ниже которой желательность рассматривается как плохая. После перевода частного отклика в шкалу желательности его обозначают как $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ и обобщенную функцию желательности D рассчитывают по формуле $D = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_n}$. Если любое значение d окажется равным нулю при очень плохой желательности, то и значение обобщенной функции желательности будет равно нулю, т. е. такой опыт не следует планировать, а тем более проводить. Например, символом d_3 обозначена очень плохая морозостойкость дерева, а отметка на шкале равна нулю. Тогда $d_3 = 0$, следовательно, обобщенная функция желательности D также будет равна нулю.

Выбор факторов. На параметры оптимизации (урожайность, качество урожая, устойчивость растений к болезням, вредителям, пониженным температурам, засухе) воздействует очень много факторов: приход солнечной радиации, сорт, подвой, макро- и микроэлементы, влажность и температура почвы и воздуха, воздушный режим почвы, способы обработки почвы и т.п. При математическом планировании обязательно учитывают самые главные факторы. В противном случае увеличиваются ошибки опытов и снижается их точность. Поэтому успех планирования во многом зависит от удачного выбора факторов.

Термин «фактор» определяется как переменная величина, принимающая в некоторый момент определенное значение. Факторы – это способы воздействия на объект исследования: плодовые, ягодные, овощные и другие растения.

Каждый фактор имеет свою область определения – совокупность всех значений, которые может принимать данный фактор. Эти значения могут быть количественными (дозы удобрений)

ний, глубина вспашки, площадь питания и схема (размещения растений) и качественными (формы удобрений, помологические сорта, разные подвои и т. д.).

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, и их непосредственно нельзя использовать для математического планирования полевых опытов.

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*, все их комбинации должны быть осуществимы и безопасны. Например, изучаемые в садах, на ягодниках, виноградниках, овощных плантациях дозы пестицидов должны быть безопасными для человека и животных, нормы вносимых удобрений не должны загрязнять окружающую среду.

5. Изучаемые факторы должны быть *независимы друг от друга*, т. е. между ними не должно быть корреляционной прямолинейной 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. Если в опыте нельзя иметь все возможные варианты, то наиболее оптимальные можно предсказать с помощью шагового принципа, используя поверхность отклика.

Поверхность отклика многофакторного опыта характеризуется такими свойствами, как непрерывность, гладкость, наличие единственного оптимума в определенных точках данной поверхности.

При планировании эксперимента ставится задача найти наиболее оптимальные варианты изучаемых факторов. После проведения нового опыта, базируясь на основе новых результатов, используя методы математического планирования, шаг за шагом приближаются к расчету оптимальных вариантов, которые отсутствуют в эксперименте. Это и есть *шаговый принцип математического планирования*. Строя модель, предсказывают новые варианты, которые не входили в эксперимент. Если точки этих новых вариантов лежат внутри подобласти отклика, то предсказание называют интерполяцией, а если за ее пределами – экстраполяцией. Чем ближе точки от области эксперимента, тем точнее экстраполяции и достовернее предсказание оптимальных вариантов.

Для определения зависимости урожайности плодово-ягодных, овощных или других культур и качества получаемой продукции от воздействующих факторов (сорт, подвой, удобрения и т. п.) строят несколько моделей и проверяют их выполнимость. Такую проверку называют проверкой адекватности модели. Из нескольких моделей используют наиболее простую по математическому выражению. Например, модель $y = b \times x$ проще, чем $y = \log x$. Наиболее просты алгебраические полиномы: $y = b \times x$ (полином нулевой степени); $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$ (полином первой степени); $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1 + b_{22}x_2$ (полином второй степени, более сложный, чем полином первой степени, так как в нем больше коэффициентов, которые получают экспериментальным путем).

Чем больше вариантов в опыте, тем больше коэффициентов в полиноме. Оптимален полином, в котором меньше коэффициентов, но они лучше удовлетворяют предъявляемым к модели требованиям. Из приведенных выше примеров видно, что чем ниже степень полиномов, тем меньше в них коэффициентов. Следовательно, при прямолинейной зависимости между параметрами и факторами необходимо стремиться к полиномам первой степени.

Направление, улучшающее параметр оптимизации, называют *направлением градиента*. Это движение к оптимуму, к стационарной области поверхности отклика. Если движение на поверхности отклика не приводит в стационарную область, пе-

реходят к полиномам более высоких степеней – второй, третьей и т. д. Такие модели позволяют предсказать результаты опыта во всех точках заданной области и найти оптимум более точно.

Путь поиска оптимума:

- 1) проводят небольшие опыты;
- 2) по результатам строят математические модели и выбирают из них наиболее благоприятные, адекватные;
- 3) двигаясь в направлении, улучшающем параметр, т. е. по градиенту, находят оптимальный вариант;
- 4) ставят новые опыты и по их результатам строят новые модели.

Мы рассмотрели общие принципы математического планирования с целью оптимизации параметров – урожайности, качества получаемой продукции, устойчивости растения к вредителям, болезням, засухе, низким температурам и т. д. Для практического использования этих принципов необходимо брать конкретные данные опытов и строить их модели, пользуясь консультациями математиков и программистов, работающих на ЭВМ.

Перед составлением схем опытов выдвигают рабочие гипотезы. Как правило, они основываются на результатах предыдущих экспериментов. Формулироваться они могут так:

- 1) возможно, что плодовые деревья, выращиваемые на данном подвое, требуют большей площади питания, чем применяется в хозяйствах;
- 2) по-видимому, определенные сорта садовых культур, выращиваемые на юге, будут устойчивыми к низким температурам в более северных зонах;
- 3) возможно, что применяемые нормы удобрений, полива, дозы инсектофунгицидов или гербицидов слишком высоки либо слишком низки;
- 4) может быть, использование определенных сортоподвойных комбинаций винограда повысит продуктивность данного сорта и улучшит качество урожая.

Составление схем опытов – это логичный подбор вариантов и контролей к ним, объединенных общей идеей, указанной в теме исследований. Предположив, что нормы или дозы факторов, воздействующих на растения, слишком малы или велики,

исследователь уменьшает или увеличивает их, взяв за контроль те нормы и дозы, которые применялись раньше, т. е. до планирования опыта.

5.2. Планирование схем однофакторных полевых опытов

Среди планируемых вариантов должны быть последовательно возрастающие нормы и дозы факторов, при которых урожай сначала увеличивается, затем достигает наибольшей величины, после чего уменьшается. Так, если изучают пять доз калийных удобрений (X) - K_{30} , K_{60} , K_{90} , K_{120} , K_{150} на фоне одинаковых доз азота и фосфора – $N_{60}P_{60}$, то при правильном выборе вариантов урожай (Y) должен изображаться линией (рис. 16), которую называют кривой отклика. Отрезок кривой АВ называют лимитирующей областью, BCD – стационарной, DE – ингибирующей. В лимитирующей области эффект калийных удобрений начинает проявляться, в стационарной он наибольший, в ингибирующей снижается. Различные нормы или дозы изучаемого фактора, которым соответствуют точки А, В, С, D, Е на кривой отклика, принято называть *градациями*. Разницу между последующей и предыдущей нормами или дозами фактора называют *шагом эксперимента*, шагом варьирования фактора, в приведенном примере это дозы калийных удобрений.

В качестве контроля, как правило, берут нормы или дозы изучаемого фактора, которые рекомендованы научными учреждениями для данного региона. Дополнительными, но не основными контролями могут быть: *в опытах с пестицидами – вариант без пестицидов, в опытах с удобрениями – вариант без удобрений*.

Правильно составленная схема опыта должна удовлетворять определенным требованиям.

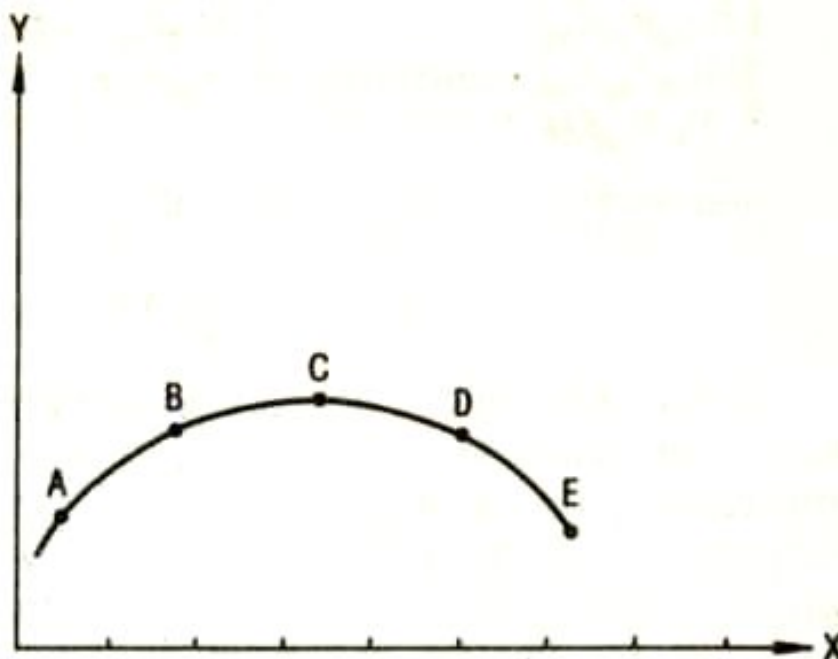


Рис. 16. Кривая отклика урожая яблони (Y) на дозы калийных удобрений (X) (из Моисейченко и др., 1994)

Во-первых, в ней должны быть градации (нормы или дозы) фактора, соответствующие всем трем областям кривой отклика: лимитирующей, стационарной и ингибирующей. Это даст возможность выявить как лучшие нормы и дозы изучаемых факторов, так и те, при которых эффект лишь начинает проявляться или подавляется. Выявление подавляющих норм и доз необходимо для того, чтобы не допустить внесения излишних количеств удобрений, пестицидов, чрезмерных поливов и т. д. в условиях производства и сохранить окружающую среду.

Во-вторых, важен выбор шага эксперимента, т. е. шага варьирования данного фактора. При очень большом шаге можно упустить эффективные промежуточные варианты, слишком маленький шаг ведет к увеличению набора ненужных вариантов, увеличению объема работы и значительному ее осложнению. Как правило, выбирают такой шаг эксперимента, при котором разница между соседними градациями превышает ошибку опыта.

5.3. Планирование схем многофакторных полевых опытов

В однофакторных опытах выявляют лучшие градации по отдельным элементам агротехники – дозам, способам обработ-

ки, срокам внесения изучаемых факторов и т. п. Однако при взаимодействии этих элементов могут возникать различные явления: антагонизм, когда одни факторы угнетают действие других; синергизм, когда одни факторы усиливают действие других; аддитивность – независимое действие факторов. Подобные взаимодействия можно выявить только в многофакторных опытах. Более того, используя в дисперсионном анализе критерий Фишера, можно математически доказать степень достоверности подобных взаимодействий и дать производству рекомендации не по отдельным элементам агротехники, а по их комплексу. В этом главная ценность многофакторных опытов.

Многофакторные опыты имеют и еще одно важное преимущество. По их результатам можно построить куполообразную поверхность отклика многофакторного эксперимента, затем путем экстраполяции и интерполяции по ряду данных значений функции найти другие ее значения, находящиеся вне данного ряда, или промежуточные значения этого ряда. Речь идет о нахождении расчетным путем лучших вариантов опыта, которых не было в эксперименте. Таким образом, можно прогнозировать и программировать урожай и качество изучаемых культур.

Полные факториальные схемы. Схема многофакторного опыта должна быть полной (ПФЭ – полный факториальный эксперимент). Это означает, что она должна включать все возможные сочетания факторов и их градаций. Число вариантов ПФЭ рассчитывают по матрице: $2^2, 3^2, 2^3, 3^3$ и т. д. Число, возводимое в степень, обозначает число градаций по каждому фактору, а число, показывающее степень, – число изучаемых факторов. Таким образом, 2^2 указывает на то, что схема ПФЭ должна включать четыре варианта, т. е. два фактора, в каждом из которых по две градации. Для 2^3 в схеме ПФЭ должно быть восемь вариантов, т. е. две градации в каждом из трех факторов.

Пусть для фактора А имеем градации a_0 и a_1 , а для фактора В – b_0 и b_1 . Тогда матрица ПФЭ будет следующей (табл. 1).

Таблица 1. Матрица ПФЭ 2^2

Номер варианта	Фактор и его градации		Обозначение вариантов	Код
	А	В		
1	0	0	a_0b_0	00
2	1	0	a_1b_0	10
3	0	1	a_0b_1	01
4	1	1	a_1b_1	11

Матрица для схемы 2^3 представлена в таблице 2.

Если число градаций по факторам разное, например, для фактора А изучают три градации, для фактора В – две, а для фактора С – четыре, то в опыте будет $3_A \times 2_B \times 4_C = 24$ варианта, т. е. общее число вариантов рассчитывают как произведение градаций.

Таблица 2. Матрица ПФЭ 2^3

Номер варианта	Фактор и его градации			Обозначение вариантов	Код
	А	В	С		
1	0	0	0	$a_0b_0c_0$	000
2	1	0	0	$a_1b_0c_0$	100
3	0	1	0	$a_0b_1c_0$	010
4	1	1	0	$a_1b_1c_0$	110
5	0	0	1	$a_0b_0c_1$	001
6	1	0	1	$a_1b_0c_1$	101
7	0	1	1	$a_0b_1c_1$	011
8	1	1	1	$a_1b_1c_1$	111

При четырех градациях двухфакторного опыта, обозначенных 0, 1, 2, 3, число вариантов составит $4 \times 4 = 16$. Чтобы в схеме опытов были все возможные их сочетания, строят матрицу ПФЭ (табл. 3).

Таблица 3. Матрица ПФЭ 4×4 из 16 вариантов

Номер варианта	Градации факторов		Код	Номер варианта	Градации факторов		Код
	А	В			А	В	
1	0	0	00	9	2	0	20
2	0	1	01	10	2	1	21
3	0	2	02	11	2	2	22
4	0	3	03	12	2	3	23
5	1	0	10	13	3	0	30
6	1	1	11	14	3	1	31
7	1	2	12	15	3	2	32
8	1	3	13	16	3	3	33

Матрица ПФЭ 3^3 приведена в таблице 4. В этом опыте есть три фактора, и каждый из них изучают в трех градациях: 0, 1, 2. Это могут быть три сорта, три нормы полива и три дозы удобрений.

Таблица 4. Матрица ПФЭ 3^3

Номер варианта	Градации фактора			Код	Номер варианта	Градации фактора			Код
	А	В	С			А	В	С	
1	0	0	0	000	15	2	1	1	211
2	1	0	0	100	16	0	2	1	021
3	2	0	0	200	17	1	2	1	121
4	0	1	0	010	18	2	2	1	221
5	1	1	0	110	19	0	0	2	002
6	2	1	0	210	20	1	0	2	102
7	0	2	0	020	21	2	0	2	202
8	1	2	0	120	22	0	1	2	012
9	2	2	0	220	23	0	1	2	012
10	0	0	1	001	24	2	1	2	212
11	1	0	1	101	25	0	2	2	022
12	2	0	1	201	26	1	2	2	122
13	0	1	1	011	27	2	2	2	222
14	1	1	1	111					

Таким образом, полная схема опыта включает уже 27 вариантов, т. е. становится громоздкой.

Неполные факториальные схемы. В трехфакторном опыте с четырьмя градациями схема ПФЭ включает 64 варианта. При трехкратной повторности в опыте будет (64×3) , т. е. 192 опытные делянки.

Пусть на каждой опытной делянке с плодовыми растениями будет шесть учетных деревьев. Для них необходимо столько же защитных, т. е. опытная делянка будет включать 12 деревьев. При схеме посадки 6×8 м одно дерево занимает 48 м^2 , а 12 деревьев – 576 м^2 . Таким образом, под опыт потребуется $576 \text{ м}^2 \times 192 = 11,6$ га (и это при трехкратной повторности).

Известно, что чем больше площадь под опытом, тем больше территориальное варьирование по плодородию и, следовательно, ниже точность и достоверность опыта. Только по этим соображениям число вариантов в опыте следует уменьшить.

В.Н. Перегудов и Т.И. Иванова (1976) рекомендуют составлять неполные факториальные схемы (НФС) из полных, используя три метода:

- 1) метод условного фактора;
- 2) метод вписанных кубов;
- 3) метод конструирования схем из фрагментов куба $3 \times 3 \times 3$. В качестве примера рассмотрим метод условного фактора, который используется чаще всего.

Неполная факториальная схема $\frac{1}{4} (4 \times 4 \times 4)$ позволяет из 64 вариантов ПФЭ выбрать 16 без потери информации. Для этого из четырех градаций каждого фактора берут начальную градацию 0 и среднюю 2 и вписывают их в таблицу (табл. 5).

Таблица 5. Матрица НФС $\frac{1}{4} (4 \times 4 \times 4)$ из 16 вариантов

Градации фактора			Номер варианта	Код на фоне 000	Номер варианта	Код на фоне 111
А	В	С				
0	0	0	1	000	9	111
0	0	2	2	002	10	113
0	2	0	3	020	11	131
0	2	2	4	022	12	133
2	0	0	5	200	13	311
2	0	2	6	202	14	313
2	2	0	7	220	15	331
2	2	2	8	222	16	333

При этом схема $4 \times 4 \times 4$ превращается в схему $2 \times 2 \times 2$ с 8 вариантами. Чтобы получить равномерные выборки, вводят понятие «условный фактор» тоже в двух градациях – 0 и 1, которые для трех факторов обозначают 000 и 111. Это так называемые фоны. На фоне 000 коды образуют из чисел градаций факторов A, B, C . Это варианты с номерами 1 – 8. На фоне 111 коды образуют прибавлением числа 111 к кодам нулевого фона – варианты 9 – 16. Таким способом получают выборку, включающую 16 вариантов из 64. Эта выборка представляет неполную схему, но она равномерно охватывает всю область градаций полной схемы – 0, 1, 2, 3. Первое число каждого кода обозначает градации фактора A , второе – градации фактора B , третье – градации фактора C .

Неполная факториальная схема $1/8$ ($4 \times 4 \times 4 \times 4$) из 32 вариантов. Пусть в вышеприведенном трехфакторном опыте исследования проводят еще и с четырьмя сортами, т. е. вводят четвертый фактор. Общее число вариантов такого опыта по схеме ПФЭ составило бы $4^4 = 256$. Практически осуществить такой опыт невозможно. Но если из этого множества выбрать $1/8$, то получают выборку, включающую 32 варианта. Для составления НФС используют метод условного фактора на двух фонах: 0000 и 1111, также с выборкой двух градаций из четырех. Матрица НФС для четырехфакторного опыта приведена в таблице 6.

Таблица 6. Матрица НФС $1/8$ ($4 \times 4 \times 4 \times 4$) из 32 вариантов

Градации фактора				Номер варианта	Код на фоне 000	Номер варианта	Код на фоне 111
A	B	C	D				
0	0	0	0	1	0000	17	1111
0	0	2	0	2	0020	18	1131
0	0	0	2	3	0002	19	1113
0	0	2	2	4	0022	20	1133
0	2	0	0	5	0200	21	1311
0	2	2	0	6	0220	22	1331
0	2	0	2	7	0202	23	1313
0	2	2	2	8	0222	24	1333
2	0	0	0	9	2000	25	3111

2	0	2	0	10	2020	26	3131
2	0	0	2	11	2002	27	3113
2	0	2	2	12	2022	28	3133
2	2	0	0	13	2200	29	3311
2	2	2	0	14	2220	30	3331
2	2	0	2	15	2202	31	3313
2	2	2	2	16	2222	32	3333

Неполная факториальная схема 1/2 (6×6) из 18 вариантов. Действие изучаемых факторов на растения настолько сложно, что четырех-пяти градаций бывает недостаточно для того, чтобы получить объективные данные. В таком случае число градаций увеличивают до 6 и даже до 9, что значительно увеличивает число вариантов. В двухфакторном опыте с 6 градациями необходимо иметь 36 вариантов, в трехфакторном – 216, в четырехфакторном – 1296. Для построения НФС из шести градаций – 0, 1, 2, 3, 4, 5 выбирают начальную и средние – 0, 2, 4. Условный фактор для двухфакторного опыта берут на фонах 00 и 11. Матрица НФС будет иметь следующий вид (табл. 7).

Таблица 7. Матрица НФС $\frac{1}{2}$ (6×6) из 18 вариантов

Градации факторов		Номер варианта	Код на фоне 00	Номер варианта	Код на фоне 11
А	В				
0	0	1	00	10	11
0	2	2	02	11	13
0	4	3	04	12	15
2	0	4	00	13	11
2	2	5	22	14	33
2	4	6	44	15	55
4	0	7	40	16	51
4	2	8	42	17	53
4	4	9	44	18	55

Как видно, число вариантов уменьшено с 36 до 18, т. е. в два раза. При этом информация не теряется, так как из шести градаций взяты равномерные выборки.

Неполная факториальная схема 1/8 (6×6×6) из 27 вариантов. Для составления НФС трехфакторного опыта берут выбор-

ку тех же градаций – 0, 2, 4, а условный фактор – на фонах 000, 111, 222. Матрица этого опыта будет включать 27 вариантов (табл. 8). Таким образом, из 216 вариантов полной схемы можно взять только 27.

Таблица 8. Матрица НФС 1/8 ($6 \times 6 \times 6$) из 27 вариантов

Градации факторов			Номер варианта	Код на фоне 000	Номер варианта	Код на фоне 111	Номер варианта	Код на фоне 222
А	В	С						
0	0	0	1	000	10	111	19	222
0	2	0	2	020	11	131	20	242
0	4	0	3	040	12	151	21	262
2	0	2	4	202	13	313	22	424
2	2	2	5	222	14	333	23	444
2	4	2	6	242	15	353	24	464
4	0	4	7	404	16	515	25	626
4	2	4	8	424	17	535	26	646
4	4	4	9	444	18	555	27	666

Неполная факториальная схема 1/27 ($6 \times 6 \times 6 \times 6$) из 48 вариантов. В четырехфакторном опыте с шестью градациями в каждом факторе по схеме ПФЭ должно быть 1296 вариантов. Чтобы уменьшить их число до 48, в каждом факторе из шести градаций выбирают только две: 0 и 3, т. е. начальную и среднюю, а условный фактор берут на трех фонах: 0000, 1111 и 2222. Матрица этой схемы приведена в таблице 9. Варианты выбраны по принципу $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$, т. е. каждый изучаемый фактор взят в двух градациях, условный – на трех фонах.

Таблица 9. Матрица НФС 1/27 ($6 \times 6 \times 6 \times 6$) из 48 вариантов

Градации факторов				Номер варианта	Код на фоне 0000	Номер варианта	Код на фоне 1111	Номер варианта	Код на фоне 2222
А	В	С	Д						
0	0	0	0	1	0000	17	1111	33	2222
0	0	0	3	2	0003	18	1114	34	2225

0	0	3	0	3	0030	19	1141	35	2252
0	0	3	3	4	0033	20	1144	36	2255
0	3	0	0	5	0300	21	1411	37	2522
0	3	0	3	6	0303	22	1414	38	2525
0	3	3	0	7	0330	23	1441	39	2552
0	3	3	3	8	0333	24	1444	40	2555
3	0	0	0	9	3000	25	4111	41	5222
3	0	0	3	10	3003	26	4114	42	5225
3	0	3	0	11	3030	27	4141	43	5252
3	0	3	3	12	3033	28	4144	44	5255
3	3	0	0	13	3300	29	4411	45	5522
3	3	0	3	14	3303	30	4414	46	5525
3	3	3	0	15	3330	31	4441	47	5552
3	3	3	3	16	3333	32	4444	48	5555

Контрольные вопросы:

1. Какова основная задача при планировании опыта?
2. Каким требованиям должны отвечать параметры при планировании опыта?
3. Какие требования предъявляют к факторам, используемым в опыте?
4. Каким образом определяют модель опыта?
5. Каким образом планируют схемы однофакторных полевых опытов?
6. Каким образом планируют схемы многофакторных полевых опытов?
7. Каким образом составляют неполные факториальные схемы?

ГЛАВА 6. ПЛАНИРОВАНИЕ НАБЛЮДЕНИЙ И УЧЕТОВ В ПОЛЕВЫХ ОПЫТАХ С САДОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

6.1. Общие принципы планирования

В агротехнических полевых опытах главными учитываемыми показателями являются урожай и его качество. Однако опыт должен выявить не только наиболее эффективный агротех-

нический прием, но и причины повышения урожая в одних вариантах и снижения в других, улучшения или ухудшения качества продукции садов и ягодников. Для этого, кроме основных, главных показателей, необходимо учитывать и сопутствующие.

Сопутствующие показатели подбирают в соответствии с темой и задачами исследований. Например, в опытах, где изучают влияние обрезки на продуктивность плодовых или других растений, кроме массы урожая, учитывают рост деревьев, ведут фенологические наблюдения, отмечают интенсивность плодоношения, качество плодов, их лежкость, проводят фитопатологические, энтомологические и другие учеты. Однако понятие «рост деревьев» включает полтора десятка различных показателей: длину побегов, динамику их роста, прирост окружности и диаметр штамба, высоту деревьев и диаметр кроны, площадь листьев, рост корневой системы и ее массы на различном расстоянии от штамба и на различной глубине и т. д.

Вполне понятно, что не все эти учеты и наблюдения следует проводить в опытах с обрезкой. Можно исключить объемное и кропотливое изучение корневой системы, хотя эти данные тоже могут быть полезными при анализе результатов. Из перечисленных показателей следует учитывать лишь те, которые будут объяснять эффективность изучаемых вариантов. Это в первую очередь показатели, которые находятся в тесной корреляционной связи (прямой или обратной) с урожаем и его качеством: окружность штамба, суммарная (но не средняя) длина побегов, суммарная площадь листьев на растении, высота деревьев и диаметр кроны, побегообразовательная способность и т. д.

В опытах с удобрениями ценными показателями будут также питательный режим почвы, химический состав органов садовых растений, вынос питательных элементов. Последний учет весьма трудоемок, однако он необходим, если надо определить коэффициент использования питательных элементов почвы и удобрений. В ряде случаев применяют метод меченых атомов (радиоактивные и стабильные изотопы), который весьма эффективен в физиологических, агрохимических и других исследованиях.

Очень важна при планировании опытов частота наблюдений и учетов в течение года, вегетационного периода или его ча-

сти. Обычно для того, чтобы получить полную картину того или иного процесса от начала и до окончания, необходимо провести не менее пяти наблюдений или учетов. Это позволяет построить наглядный график, диаграмму и т. п.

Сроки наблюдений или отбора образцов приурочивают к фенологическим фазам развития или проводят наблюдения через одинаковый промежуток времени – подекадно, один или два раза в месяц. Чем медленнее протекает процесс, тем больше должен быть интервал между очередными наблюдениями. Иногда в соответствии с задачами опыта наблюдения проводят до и после экстремальных температур, до и после выпадения осадков, до и после главных агротехнических приемов или только до, или только после этих воздействий.

Учеты следует проводить сплошным способом по всей опытной делянке, поскольку она является основной экспериментальной единицей. В опытах с плодовыми растениями, где одно дерево может занимать площадь до 50 м^2 и более, иногда учитывают показатели для каждого растения делянки. Однако такие данные не могут представлять собой повторность, их можно использовать лишь для вычисления средних арифметических по каждой опытной делянке. В то же время, если многолетние растения одной и той же делянки значительно различаются по урожаю, росту и другим показателям, учеты по каждому растению необходимы для ковариационного анализа.

В опытах с удобрением, поливом, обработкой почвы, гербицидами и т. п. на делянках планируют отбор образцов (проб) почвы для определения ее химических, физических свойств, запаса семян сорняков и др. Для учета вегетирующих сорняков выделяют площадки размером $0,5 \times 0,5 \text{ м}$. Число образцов (проб) и площадок на опытных делянках должно обеспечить достаточную точность учитываемых показателей. При заданной точности планируемое число образцов или площадок можно оптимизировать, для чего необходимо знать коэффициент варьирования того или иного показателя почвы – содержания питательных элементов, влажности, плотности, запаса семян сорняков и т. п. Б.А. Доспехов (1985) рекомендует брать 6-8 проб с делянки менее 100 м^2 , 8-12 – с делянки $100-200 \text{ м}^2$ и 15-20 – с делянок площадью более 200 м^2 . При мень-

шем числе проб точность исследований снижается. Однако эти цифры лишь ориентировочные, число проб (площадок) в каждом опыте следует рассчитывать по конкретным значениям коэффициентов вариации.

Метод отбора проб должен исключать появление систематических ошибок. Поэтому используют рендомизацию, т. е. случайный отбор образцов, а не подбор «типичных» образцов по желанию исследователя.

Техника случайной выборки заключается в следующем. Пусть на опытной делянке размером 100 м^2 необходимо отобрать восемь площадок для изучения физико-химических свойств почвы. Делят всю площадь делянки примерно на 25 равных частей, по 4 м^2 каждая, и нумеруют их в определенной последовательности (рис. 17).

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

Рис. 17. Выбор площадок для изучения физико-химических свойств почвы на опытной делянке.

Затем в таблице случайных чисел (таблица 8 приложений) выбирают наугад колонку, например пятую, и, двигаясь по ней вниз, отмечают восемь чисел от 1 до 25, пропуская повторяющиеся. Допустим, 5, 17, 2, 3, 23, 13, 14, 9. На площадках с такими номерами, обозначенными на схеме полужирными курсивными цифрами, следует отбирать образцы.

6.2. Планирование объема выборки при количественной и качественной изменчивости

Количественная изменчивость. Объем выборки – число объектов исследований, которые берут для учетов и наблюдений. Это может быть число деревьев для учета урожая, окружности штамба, высоты и диаметра кроны и других показателей роста; число плодов, листьев, побегов, кольчаток и т. д., которые учитывают на одном дереве; органы и части растений; образцы почвы, взятые в различных местах опытной делянки для химического и других анализов.

Основная задача выборочного метода исследований – при минимальном, но достаточном объеме выборки из всей совокупности объекта получить максимально полную информацию. При слишком маленьком объеме выборки снижаются достоверность и точность опытов, при слишком большом – увеличивается объем исследований и соответственно число ошибок. Поэтому объем выборки оптимизируют, т. е. определяют число наблюдений, при котором можно получить статистически достоверные результаты на определенном уровне доверительной вероятности.

Приближенное значение стандартного отклонения можно рассчитывать по формуле

$$n = t^2 \times \left(\frac{V}{\Delta} \right)^2,$$

где t – стандартное значение критерия Стьюдента; V – коэффициент вариации; Δ – допустимая относительная погрешность, %.

При отсутствии таблицы со значениями критерия Стьюдента приближенное значение критерия $t_{0,95}$ можно найти по формуле

$$t_{0,95} = 2 + (n/v),$$

где n – фактический объем выборки (повторность); v – число степеней свободы ($v = n - 1$).

Таким образом, при четырехкратной повторности ($n = 4$) критерий Стьюдента ($t_{0,95}$) будет равен $2 + (4/(4 - 1))$, т. е. 3,3. При этом табличное значение $t_{0,95}$ равно 3,2. Для больших выборок (при $n > 30$) значение критерия Стьюдента постоянно: $t_{0,95} = 2$.

Значение допустимой относительной погрешности выби-

рают в зависимости от планируемой точности опыта. При высокой точности оно равно 2-3%, при средней – 5-6%. В полевых опытах допустимая погрешность принимается не более 10%.

Коэффициент вариации находят по следующей формуле:

$$V = \left(\frac{s}{\bar{x}} \right) \times 100,$$

где s – стандартное отклонение для определенного вариационного ряда; \bar{x} – средняя арифметическая величина для этого же ряда; 100 – множитель для перевода значения коэффициента в проценты.

Аналогично рассчитывают объем выборки и для других показателей количественной изменчивости.

Для более объективной оптимизации объема выборки необходимо экспериментально определить коэффициенты вариации каждого показателя для конкретного опыта.

Качественная изменчивость. Число больных и здоровых растений, поврежденных и не поврежденных вредителями плодов, подмерзших и неподмерзших деревьев и т. п. от общего числа взятых для исследования объектов представляет собой показатель качественной изменчивости. Объем выборки для качественной изменчивости также оптимизируют. Для этого используют обозначения: N – общее число объектов (растений, плодов, листьев и т. п.), взятых для обследования; n – число растений, плодов или листьев с данным признаком, т. е. поврежденных, пораженных, подмерзших и т. п. Пусть $N = 100$, а $n = 10$. Тогда доля наличия признака $p = n/N = 10/100 = 0,1$, а доля отсутствия признака $q = 1 - p = 1 - 0,1 = 0,9$. Оптимальный объем выборки ($N_{\text{опт}}$) рассчитывают на двух уровнях доверительной вероятности: $P_{0,95}$, когда $t_{0,95} = 2$, и $P_{0,99}$, когда $t_{0,99} = 2,6$, по формуле

$$N_{0,95} = t_{0,95}^2 \times \frac{(p \times q)}{s_p^2},$$

где s_p – ошибка доли, т. е. допустимая погрешность в долях (чем она меньше, тем выше точность расчета).

Значение допустимой погрешности, как и уровень вероятности, выбирают при планировании выборки. Для полевых

исследований значение s_p берут в интервале 0,05-0,10.

Значение p и q максимально, когда $p = q$, т. е. равно $1/2 = 0,5$, ибо $p + q = 1$. Поэтому, чтобы получить гарантированный объем выборки, в приведенной выше формуле надо брать $p = 0,5$ и $q = 0,5$.

Пример. Необходимо определить, сколько яблок надо взять для учета поражения их паршой при $s_p = 0,05$.

$$N_{0,95} = 2^2 \times (0,5 \times 0,5) : 0,05^2 = 400.$$

6.3. Учеты и наблюдения в опытах с плодовыми и ягодными культурами

В садах и ягодниках проводят в основном метеорологические и фенологические наблюдения, учитывают рост и плодоношение растений, урожай и его качество, интенсивность фотосинтеза, площадь листьев и корневых систем. Кроме того, по стандартным методикам определяют химический состав растений, влажность почвы и содержание в ней питательных веществ.

6.3.1. Учеты и наблюдения в плодовом питомнике

В зависимости от номера поля в питомнике проводят следующие учеты и наблюдения.

Первое поле.

Число прижившихся подвоев подсчитывают через 1,5-2 мес. после посадки, так как некоторые растения долго не трогаются в рост.

Силу роста подвоев определяют визуально перед окулировкой и выражают в баллах: сильный рост - 5 баллов; хороший - 4; средний - 3; слабый - 2; очень слабый - 1 балл.

Степень однородности подвоев оценивают перед окулировкой по трехбалльной шкале: высокая однородность - 3 балла, средняя - 2, низкая - 1 балл.

Число заокулированных подвоев подсчитывают в конце окулировки по фактически заокулированным глазкам.

Число прижившихся глазков выражают в процентах от числа заокулированных дичков.

Второе поле.

Число проросших окулянтов подсчитывают в период весенней ревизии и выражают в процентах от закулированных растений.

Силу роста однолеток учитывают в конце вегетации и выражают в баллах, как и силу роста дичков.

Высоту однолеток измеряют мерной рейкой в конце вегетации, ведя отсчет от корневой шейки до верхушечной почки саженца.

Степень однородности однолетних саженцев определяют в конце вегетации по трехбалльной шкале, как и степень однородности дичков.

Число однолетних саженцев, у которых имеется несоответствие привоя с подвоем, подсчитывают в конце вегетации и выражают в процентах.

Общее число однолетних саженцев определяют в период осенней ревизии, подсчитывая также число однолеток, пригодных для срезки на крону, и выражают в процентах.

Степень подмерзания однолеток учитывают на следующий год весной перед срезкой их на крону. Результаты выражают в баллах: 0 - подмерзаний нет; 1 - очень слабое подмерзание - верхушки побурели у большинства растений, у остальных они усохли или имеются слабые ожоги коры; 2 - слабое подмерзание - побурела сердцевина и частично древесина до половины длины стволика, у 25% однолетних саженцев отмерли верхушки, имеются слабые ожоги коры; 3 - среднее подмерзание - побурела древесина стволиков, до 30% растений вымерзло до уровня снежного покрова; 4 - сильное подмерзание - 50% растений вымерзло до уровня снежного покрова, у остальных сильные ожоги на стволиках; 5 - более 75% однолетних саженцев полностью вымерзло.

Для определения *динамики роста однолетних саженцев* 2-3 раза в месяц промеряют высоту растений. *Диаметр стволика* измеряют штангенциркулем в двух направлениях на высоте 40 см от поверхности почвы. *Площадь листьев* оценивают корреляционным методом. *Окраску листьев* определяют во второй половине лета до начала осеннего пожелтения или покраснения.

Корневую систему изучают по методике В.А. Колесникова (1960).

Общую оценку качества двухлетних саженцев делают с учетом силы их роста, числа ветвей, морозоустойчивости и выражают в баллах: 5 - качество отличное; 4 - хорошее; 3 - среднее (саженцы второго сорта); 2 - плохое (большинство саженцев нестандартные); 1 - очень плохое (брак). *Силу роста растений и степень однородности* определяют, как и на втором поле. *Выход двухлетних саженцев* выражают в процентах, сортируя их после выкопки на первый, второй сорт и нестандарт. Если саженцы выкапывают в однолетнем возрасте, то такой учет проводят на втором поле питомника.

Третье поле.

Из учетов исключают саженцы с поломами, повреждениями коры, пораженные болезнями и поврежденные вредителями, а также саженцы другого сорта (ошибки при окулировке).

Динамику роста однолетних побегов и их суммарную длину определяют по той же методике, что и в садах. *Диаметр стволика* измеряют штангенциркулем, как и на втором поле. *Интенсивность ветвления* выражают в баллах: 3 - сильное ветвление, образуется 10 и более ветвей; 2 - среднее ветвление, образуется 6-9 ветвей; 1 - слабое ветвление, образуется менее 6 ветвей.

6.3.2. Учеты и наблюдения в опытах с семечковыми культурами

Фенологические наблюдения.

Фенологические наблюдения необходимы для уточнения сроков химической обработки растений, уборки урожая, для правильного подбора опылителей и т. д. Их обязательно проводят и в опытах.

У плодовых культур регистрируют следующие фенофазы:

- распускание почек, т. е. начало вегетации (на деревьях появились первые лопнувшие почки, на их вершинах показались кончики зеленых листочков; дату отмечают отдельно для цветковых и ростовых почек);

- начало и конец цветения (начало — на деревьях распусти-

лись 5-10% цветков; конец цветения – на деревьях отцвело около 90% цветков, т. е. у 75% цветков осыпались лепестки или цветки завяли и побурели);

– конец роста побегов (сформировались верхушечные почки у большинства побегов, расположенных на концах проводников в верхней части кроны);

– созревание плодов (плоды летних сортов пригодны к употреблению, а плоды осенних и зимних сортов достигли нормальной величины и приобрели соответствующую сорту окраску);

– начало и конец листопада (начало – опало до 25% листьев, конец – около 75% деревьев сбросили листья);

– конец вегетации (наступили устойчивые холода, вызвавшие прекращение вегетации).

Начало распускания почек и срок созревания плодов отмечают через день, срок цветения – ежедневно, начало и конец листопада – раз в пять дней.

Фенологические наблюдения проводят на трех типичных деревьях в течение всего эксперимента.

Кроме этого, при фенологических наблюдениях определяют: характер фенофазы - интенсивное или медленное ее прохождение; сдвиг фенофаз - запоздалое или преждевременное их наступление.

По данным фенологических наблюдений варианты группируют:

1) по срокам начала вегетации (рано-, средне- и поздневегетирующие);

2) по продолжительности периода цветения (короткий, средний и длинный);

3) по срокам созревания плодов – раннелетние, летние, позднелетние, раннеосенние, осенние, позднеосенние, раннезимние, зимние, позднезимние;

4) по срокам окончания роста побегов - заканчивающие рост рано, в средние сроки и поздно;

5) по срокам окончания вегетации - заканчивающие вегетацию рано, в средние сроки и поздно.

Изучение роста деревьев.

Рост деревьев изучают по следующим показателям:

– высота (наивысшую точку отмеряют по наиболее плотной части кроны, а не по высоте отдельных побегов; измерения проводят в один срок - либо после уборки урожая, когда ветви, освобождаясь от плодов, выпрямляются, либо весной будущего года, но только до весенней обрезки);

– диаметр кроны (измеряют в те же сроки, что и высоту дерева, и той же мерной рейкой; для этого у деревьев со сферической кроной справа и слева, вдоль и поперек ряда в наиболее плотной части диаметра кроны мысленно опускают на почву перпендикуляр. В местах соприкосновения перпендикуляра с почвой делают две засечки вдоль ряда и две поперек; расстояние между засечками измеряют мерной рейкой и из двух измерений вычисляют среднее). Высота дерева и диаметр кроны дают ценную информацию о габитусе дерева, необходимую для определения площади питания деревьев в зависимости не только от сорта, но и от условий агротехники (удобрение, орошение и др.);

– окружность штамба (измеряют в конце вегетации мерной лентой, натягивая ее вокруг штамба равномерно и без перекосов на высоте 30 см от поверхности почвы, у низкоштамбовых и кустовых деревьев – на высоте 10 см);

– диаметр (у молодых деревьев измеряют не окружность, а диаметр штамба с помощью штангенциркуля в двух взаимно перпендикулярных направлениях (вдоль и поперек ряда). Берут среднее из двух измерений и рассчитывают окружность штамба по формуле $C = \pi \times D$, где π - постоянное число, равное 3,14, а D - диаметр штамба);

– форма и густота кроны (густоту кроны описывают словами: очень густая, густая, средней густоты и редкая, а форма кроны бывает узкопирамидальная, пирамидальная, широкопирамидальная, обратнопирамидальная, округлая, плоскоокруглая, плоская, поникшая);

– длина побегов (определяют в конце вегетации, для чего у молодых деревьев мерной лентой измеряют от основания до верхушечной почки все ветви длиной не менее 5 см, которые выросли в течение вегетационного периода; у взрослых деревьев измерить все побеги трудно, поэтому подбирают и метят краской удобную для учета контрольную ветвь и определяют, какую часть от всей кроны она составляет (это может быть 1/5 или

1/10). Суммарную длину однолетних ветвей контрольной ветви умножают соответственно на 5 или 10 и получают суммарную длину побегов на всем дереве. Средняя же длина однолетних ветвей может быть рассчитана путем деления суммарной длины ветвей на их число);

– площадь листьев – определяется для любых плодовых и ягодных культур. Используют *планиметрический метод*, при котором контуры листа обводят прибором (планиметром) и получают площадь листа; *весовой метод*, при котором отбирают подряд 50 листьев и взвешивают. Затем из каждого листа высекают трубкой по три высечки, которые также взвешивают. Зная площадь поперечного сечения трубки, вычисляют площадь листьев. Пусть масса 50 листьев составляет 250 г, масса 150 высечек – 120 г, площадь поперечного сечения трубки – 1 см^2 , а высечек – 150 см^2 . Составляют пропорцию: 120 г высечек имеют площадь 150 см^2 , а 250 г – $x \text{ см}^2$, отсюда $x = 250 \times 150 / 120 = 312,5 \text{ см}^2$, а один лист имеет площадь $312,5 : 50 = 6,25 \text{ см}^2$; *метод калибровочных решеток*, при котором используются палетки, т. е. целлюлоидные пластинки размером $15 \times 10 \text{ см}$, на одной из которых нанесены квадратики площадью $0,5 \text{ см}^2$. Лист вставляют между пластинками и определяют его площадь. Метод так же точен, как планиметрический и весовой (ошибка определения 2,6-3,3%), но требует меньше времени);

– длина корней и их масса – определяется для любых плодовых и ягодных культур. Используют метод «*монолита*», заключающийся в постепенной выемке монолитов почвы вместе с корнями в горизонтальном и вертикальном направлениях распространения основной массы корней. Размеры ребер каждого из монолитов $50 \times 50 \times 50 \text{ см}$, у взрослых деревьев вынимают более 60 т почвы. Монолиты ставят в ящики, отвозят к водоемам, корни тщательно отмывают, разрезают, сортируют по толщине, взвешивают и измеряют их длину. Работа исключительно трудоемкая и поэтому не всегда выполнимая.

Более практична *модификация А.П. Драгавцева (1956)*. Берут монолиты размером $100 \times 20 \text{ см}$ и через каждые 10 см в глубину на расстоянии 2 м от штамба у молодых деревьев и 3-4 м – у взрослых. Монолиты помещают в проволочный ящик, разделенный на квадраты шпильками для фиксации корней, отмывают

корни водой с помощью садовых опрыскивателей, просушивают, кладут на бумагу и получают своеобразный гербарий, который в любое время можно описать. Можно также корни взвесить или измерить их длину, предварительно разделив по толщине на фракции: до 1, 1-3, 3-5, 5-10 и более 10 мм.

Используют также *метод секторной послойной раскопки* (рис. 18). Обычно раскапывают 1/4 корней, иногда 1/6 или 1/2 в зависимости от целей, повторности и наличия рабочей силы. У молодых растений, имеющих мало корней, целесообразно выкапывать все корни.

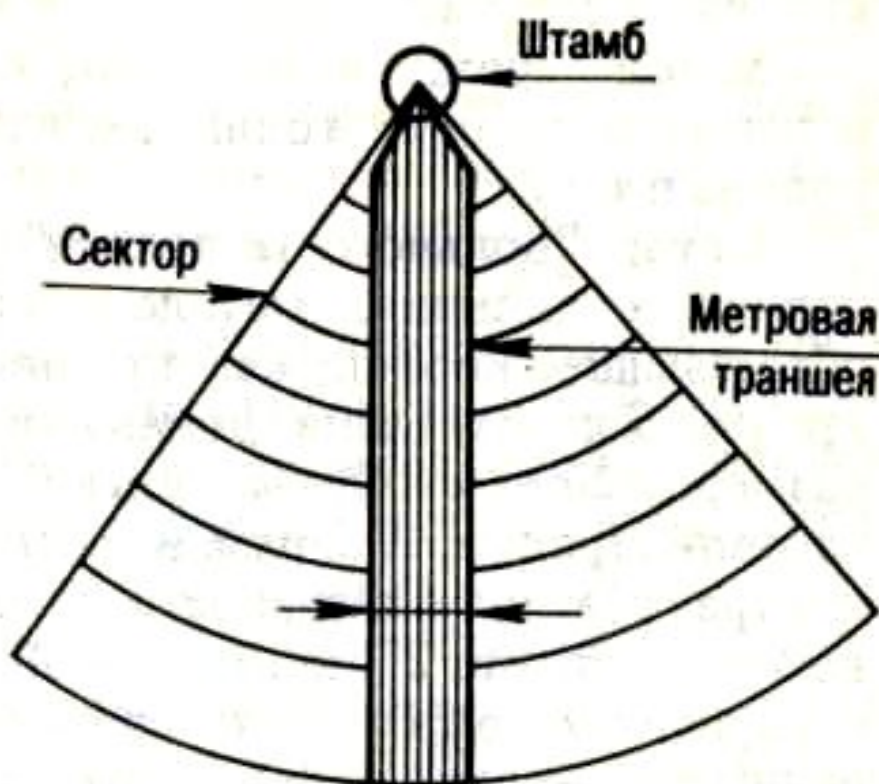


Рис. 18. Метод секторной послойной раскопки корней и его модификация (из Моисейченко и др., 1994)

Чтобы правильно выбрать необходимую часть корней, обнажают сначала их скелет вблизи штамба, затем определяют сектор раскопки. Последний разбивают на круговые зоны с радиусом через 0,5 или 1 м до границы периферийных корней и через каждые 20 см вглубь до основной их массы. Почву постепенно вынимают, корни тщательно выбирают и укладывают в пакеты, указав сорт, вариант, повторность, сектор, зону и глубину. Заго-

товленные таким образом корни отмывают, расчлениают по диаметру, высушивают до постоянной массы, взвешивают и измеряют их длину.

Объем работ уменьшается в 2,5 раза, если раскопку вести не по сектору, а по метровой траншее, расположенной в направлении типичного корня. Результаты при сравнении с методом секторной раскопки расходятся не более чем на 4,5%.

Также применяют метод «вольного монолита» (В.А. Колесников, 1962). На трех типичных растениях методом «среза» определяют местонахождение обрастающих корней; как правило, это полоса на границе проекции кроны. Для изучения динамики роста корней отбирают монолиты размером $20 \times 20 \times 20$ см, двигаясь по полосе в направлении движения часовой стрелки, 1-2 раза в месяц под каждым деревом с трех глубин и в трехкратной повторности, т. е. по 9 монолитов от одного дерева, а всего с варианта отбирают 27 монолитов. Первый монолит во всех повторностях и вариантах должен быть ориентирован в одну сторону света. Отобранные монолиты укладывают в закрытую емкость, корни тщательно отмывают от почвы. От всего монолита отбирают три системки (части корней), каждая из которых включает 100-300 корневых окончаний, укладывают их в стеклянную ванночку, ко дну которой с наружной стороны приклеена миллиметровая бумага, разбирают корни по диаметру и определяют длину проводящих и поглощающих корней, а также число порядков ветвления.

Метод «вольного монолита» используют для изучения регенерации корней после повреждения, для определения соотношений между всасывающими и проводящими корнями в процессе их роста и в зависимости от агротехники; это соотношение характеризует активность корневой системы. Метод требует сравнительно небольших затрат труда и времени, однако он не позволяет определять скорость суточного роста отдельных корней.

При изучении корневой системы определяют:

– *среднюю длину корня* (т. е. отношение суммарной длины всех корней к числу корневых окончаний. У близких по возрасту пород средняя длина корня – величина сравнительно

постоянная. Длину корней определяют сначала путем их измерения в пределах разных фракций. Затем для ускорения этой трудоемкой работы можно использовать весовой метод, при котором длину корней рассчитывают по их массе);

– *показатель ветвления* (т. е. частное от деления числа корневых окончаний на суммарную длину корней всех порядков, выраженное в метрах. Этот показатель может определяться как для корневой системы, так и для ее части и даже отдельных прядей корней);

– *коэффициент обслуживания* (т. е. отношение суммарной площади поверхности поглощающих корней с корневыми волосками или без них к суммарной площади листьев. Площадь поверхности корней определяют объеметром по Сабинину-Колосову (1939));

– *коэффициент продуктивности корневой системы* (т. е. частное от деления биологического урожая (г) на площадь поверхности поглощающих корней (дм²) без учета корневых волосков);

– *степень совместимости подвоя и привоя* (определяют в конце лета, первый раз – на второй год жизни сада, а затем ежегодно. Показатели несовместимости привоя с подвоем: 1) преждевременное появление осенней окраски листьев (багрово-красный цвет); 2) наплыв тканей над местом прививки (привой толще подвоя); 3) поломка растения в месте срастания (главный признак); 4) слабое развитие корневой системы; 5) замедленный рост растения; 6) более раннее вступление в плодоношение; 7) более раннее старение дерева);

– *интенсивность фотосинтеза* – определяется для любых плодовых и ягодных культур. Используется *метод, основанный на кольцевании плодоносящих веточек*. Оставляют определенную площадь листьев на плод и учитывают накопленные в плодах, побегах и листьях вещества и энергию (метод А.С. Овсянникова). Для опыта подбирают растения одного возраста, сорта, подвоя; ветви одного порядка и одной ориентации к сторонам света. Опыт закладывают, когда плоды крупноплодных сортов яблони достигнут массы 5-10 г, сливы – 0,8-1,5 г, вишни – 0,3-0,5 г, а листья будут почти сформированы. У крупноплодных сортов яблони и груши на плодовых образованиях оставляют один плод, у

мелкоплодных – 2-3, у сливы и вишни – до 5 в зависимости от размера плодов и числа листьев на плодовой веточке. Каждая плодовая веточка яблони и груши после кольцевания ниже плодовой сумки становится учетной единицей. У сливы и вишни кольцевание делают у основания однолетнего побега с плодами. На каждой ветви закладывают не более двух учетных единиц.

Полосу коры шириной 4-6 мм по окружности веточки удаляют без повреждения древесины. Место выреза плотно завязывают полиэтиленовой пленкой в несколько слоев или изоляционной лентой таким образом, чтобы рана не зарастала каллусом. Через 15 дней пленку снимают, каллус счищают и снова завязывают лентой. Поврежденные листья удаляют.

Площадь листьев, необходимую для развития одного плода, рассчитывают по формуле

$$S = \sqrt{PTK},$$

где S – площадь листьев на 1 плод, обеспечивающая нормальный фотосинтез, см^2 ; P – средняя масса зрелых плодов данного сорта, г; T – период от закладки опыта до съемной зрелости плодов, дни; K – коэффициент, зависящий от средней массы плодов (для яблони и груши со средней массой плода до 50 г он составляет 0,6-0,9; 51-80 г - 0,91-1,5; 81-120 г - 1,51-2; более 120 г – 2,1-3,0; для сливы и абрикоса с массой плода 10-20 г коэффициент равен 1-1,3; более 20 г - 1,31-1,5; для вишни и черешни оставляют на плод не более 15-25 см^2 листьев, для крупноплодных сортов крыжовника – 10-15 см^2 на ягоду).

Для определения массы опытной веточки в начале опыта подбирают аналогичные веточки, срезают их, высушивают и взвешивают. Эту же работу выполняют и в конце опыта при созревании плодов, кроме того, определяют площадь листьев.

Чистую продуктивность фотосинтеза рассчитывают для каждой веточки по предложенной А.А. Ничипоровичем (1955) следующей формуле:

$$\Phi_{\text{ч.пр}} = \frac{(B_2 - B_1)}{(S \times T)},$$

где $\Phi_{\text{ч.пр.}}$ – чистая продуктивность фотосинтеза, г/м^2 в сутки; B_1 – сухая масса плодов, побегов и листьев в начале опыта, г; B_2 – то же в конце опыта, г; S – площадь листьев на

одну учетную веточку, см^2 ; Т – время «работы» листьев, сутки.

Произведение $S \times T$ выражают в м^2 в сутки. Например, $202 \text{ см}^2 \times 80 \text{ сут.} = 1,616 \text{ м}^2$ в сутки.

Данные каждой учетной единицы (плодовой веточки) как повторности обрабатывают статистически. Относительная ошибка метода – 2,0-4,5%.

Изучение плодоношения и качества плодов.

По *уровню урожайности* яблони и другие семечковые культуры делят на группы:

- 1) высокоурожайные;
- 2) урожайные;
- 3) среднеурожайные;
- 4) малоурожайные.

Такое деление применяют для сильнорослых деревьев в возрасте 10-12 лет, т. е. в период полного плодоношения.

По *регулярности плодоношения* выделяют три группы:

- 1) с ежегодным плодоношением;
- 2) с нерезкой периодичностью плодоношения (высокий урожай чередуется с урожаем ниже среднего или слабым);
- 3) с резкой периодичностью плодоношения – высокий урожай чередуется с низким, или дерево плодоносит через год.

Скороплодность семечковых культур (время вступления деревьев в период плодоношения) учитывают, когда не менее 50% деревьев начинают плодоносить и дают урожай: яблоня – не менее 3 кг с дерева, груша – не менее 2 кг. По скороплодности деревья делят на группы:

- 1) скороплодные;
- 2) среднескороплодные;
- 3) поздноплодоносящие.

Степень цветения определяют однократно в фазе массового цветения. Результаты выражают в баллах: 5 - цветение обильное; 4 - хорошее; 3 - среднее; 2 - слабое; 1 - очень слабое (единичные цветки); 0 - цветение отсутствует.

Осыпаемость плодов определяют визуально в период наступления их съемной зрелости и выражают в процентах от урожая.

Учет урожая проводят за две недели до уборки. Визуально определяют ожидаемый урожай, срок съемной зрелости плодов, а затем приступают непосредственно к учету урожая.

Срок съемной зрелости плодов определяют по содержанию крахмала методом Н.А. Целуйко (1969) с использованием йодида калия (1 г на 1 л дистиллированной воды). Снимают с дерева три типичных по развитию плода, делают продольные срезы, погружают их на 4-6 с в раствор йодида калия, определяют содержание крахмала и выражают его в баллах: 5 – вся поверхность среза черно-синяя; 4 – не окрашена поверхность среза лишь у плодоножки и семенного гнезда; 3 – слабо окрашена большая часть поверхности среза, имеются неокрашенные просветы; 2 – темное окрашивание появляется лишь под кожицей, мякоть темнеет незначительно; 1 – незначительное потемнение видно только под кожицей, остальная поверхность светло-желтая.

Съемная зрелость для летних и раннеспелых сортов наступает при содержании крахмала, оцененном в 1-2 балла; для осенних и осенне-зимних – в 2-3; для зимних и поздне-зимних – в 3-4 балла.

Определяют также *период съема плодов*, т. е. возможное число дней от начала уборки до ее окончания. У одних сортов он более растянут, что дает возможность проводить уборку без спешки, у других, наоборот, весьма короткий.

В садах с большой площадью питания и малым числом деревьев на делянке (до 10) учитывают урожай на каждом дереве. При малых площадях питания и большом числе деревьев (более 10) учитывают урожай с каждой опытной делянки. Сначала убирают урожай на защитных рядах и вывозят его из сада, а затем – на учетных частях делянок. Если урожай всего опыта за один день убрать невозможно, то сначала убирают урожай со всех вариантов одного повторения, затем – другого и т. д.

Из учета исключают также деревья, у которых урожай снижен из-за сильных механических повреждений; очаговых повреждений вредителями и болезнями; неблагоприятных почвенных условий (заболачивание, засоление, впадина); хищения; несоответствия привоя и подвоя, если в опыте один

подвой; из-за других причин, не зависящих от варианта или сорта.

Удельную нагрузку дерева урожаем определяют путем деления массы урожая дерева на объем кроны, на площадь поперечного сечения штамба, на площадь листьев. Результаты выражают в килограммах на 1 м² кроны, на 1 см² поперечного сечения штамба, на 1 м² листовой поверхности. Эти три показателя дополняют друг друга.

Изучение качества урожая.

Качество плодов характеризуют:

– *величина* (для определения *средней массы плода* на каждой опытной делянке отбирают из собранного урожая 200 плодов подряд (без выбора), взвешивают их и полученное значение делят на 200). Градация величины плодов яблони и груши по массе приведена в таблице 10;

Таблица 10. Градация плодов по массе

Плоды	Масса, г		
	яблоня крупно- плодная	яблоня мелко- плодная	груша
Очень крупные	> 175	> 50	>225
Крупные	126-175	41-50	176-225
Выше средней	101-125	31-40	126-175
Средние	51-75	21-30	76-25
Ниже средней	–	11-0	51-75
Мелкие	25-50	5-10	26-50
Очень мелкие	< 25	< 5	< 25

– *вкус* (характеризуют баллами: 5 – отличный десертный; 4 – хороший столовый; 3 – посредственный; 2 – плохой, плоды малопригодны для употребления в свежем виде; 1 – очень плохой, плоды совсем несъедобны);

– *выход по товарным сортам* (определяют согласно стандартам, для чего пробу из 200 плодов, взятых подряд на каждой

опытной делянке, сортируют. Плоды семечковых (и косточковых) пород подразделяют на две помологические группы: первую и вторую.

Яблоки поздних сроков созревания делят на четыре сорта: высший, первый, второй и третий.

Высший сорт. Плоды должны быть отборными, типичной для данного помологического сорта формы и окраски, без повреждений вредителями и поражений болезнями, с целой (лишь отдельные плоды со сломанной) плодоножкой. Диаметр плодов определяют по наибольшему поперечному диаметру. Для плодов округлой формы он должен быть не менее 65 мм, овальной - не менее 60 мм. По степени зрелости плоды должны быть однородными, но не зелеными и не перезревшими.

Первый сорт. В отличие от высшего сорта плоды могут быть с плодоножкой или без нее, но без повреждения кожицы. Диаметр плодов округлой формы не менее 60 мм, овальной - не менее 50 мм.

Второй сорт. В отличие от первого сорта плоды могут быть как типичной, так и нетипичной формы и с менее выраженной окраской. Диаметр плодов округлой формы должен быть не менее 50 мм, овальной - не менее 45 мм.

Третий сорт. Плоды могут быть неоднородными по форме и окраске, неправильной формы, различной степени зрелости, но не зеленые и не перезревшие. Диаметр плодов округлой формы должен быть не менее 40 мм, овальной - не менее 35 мм.

В зависимости от качества плодов груши различают три товарных сорта: первый, второй и третий.

Первый сорт. Плоды типичной для данного помологического сорта формы и окраски, диаметром не менее 55 мм, без повреждения вредителями и поражения болезнями, с целой или сломанной плодоножкой, однородные по степени зрелости, но не зеленые и не перезревшие.

Второй сорт. В отличие от первого сорта плоды могут быть и нетипичными, диаметром не менее 45 мм.

Третий сорт. Плоды могут быть неправильной формы, неодинаковой степени зрелости, но не зеленые и не перезревшие).

6.3.3. Учеты и наблюдения в опытах с косточковыми культурами

Учет роста косточковых культур и фенологические наблюдения проводят по той же методике, что и для семечковых культур. Далее приводятся учеты и наблюдения, которые используются в опытах только с косточковыми культурами.

Степень камедетечения изучают у вишни и сливы, возникает оно при подмерзании деревьев, а также при неподходящих почве и микрорельефе, механических повреждениях, несоответствии подвоя и привоя и выражается в баллах: 0 - камедетечения нет; 1 - очень слабое поверхностное камедетечение на небольшом участке ствола; 2 - слабое поверхностное камедетечение на больших участках ствола; 3 - камедетечение средней степени из глубоких трещин на стволе и скелетных сучьях; 4 - сильное камедетечение из глубоких трещин на стволе и основных сучьях; 5 - очень сильное камедетечение.

Общее состояние деревьев оценивают каждую весну одновременно с определением степени зимостойкости и выражают в баллах: 5 - дерево совершенно здоровое, рост идет со всех верхушечных почек, камедетечения и механических повреждений нет, облиственность очень хорошая; 4 - дерево в основном здоровое, слабые повреждения морозом не угнетают его, отмечаются слабое камедетечение и незначительные механические повреждения коры и однолетних ветвей, облиственность хорошая; 3 - дерево ослаблено морозами, погибло до трети ветвей, камедетечение значительно на стволах и скелетных сучьях, сломана часть полускелетных ветвей, облиственность нормальная; 2 - дерево сильно повреждено морозами, потеряна большая часть кроны, камедетечение сильное, имеются отломы скелетных ветвей, облиственность слабая; 1 - дерево очень слабое, находится на краю гибели; 0 - дерево погибло.

Восстановительную способность деревьев оценивают после суровых зим. Учитывают силу и характер роста деревьев после окончания роста побегов, результаты выражают в баллах: 5 - очень хорошее восстановление, прирост сильный (более 35 см) на всех поврежденных ветвях; 4 - хорошее восстановление, прирост 25...35 см на всех поврежденных ветвях; 3 - восстановление нор-

мальное, прирост 15...25 см на всех поврежденных ветвях; 2 - восстановление слабое, прирост менее 15 см на всех поврежденных ветвях или же сильный, но только на отдельных, менее поврежденных ветвях; 1 - прироста нет; 0 - дерево погибло.

Зимостойкость цветковых почек у косточковых культур определяют следующим образом: в каждом варианте или по каждому сорту выбирают по три типичных дерева и на них отмечают с северной стороны на высоте роста учетчика учетные ветки. В фазе обособления бутонов подсчитывают число распустившихся и нераспустившихся цветковых почек из 100 на каждом дереве. Отмечают процент распустившихся почек и процент цветков с пестиками.

До распускания цветковых почек подсчитывают число поврежденных цветков и общее число заложившихся в каждой цветковой почке путем осмотра поперечных срезов 100 почек. Рассчитывают процент сохранившихся цветков, цветковых почек и пестиков.

Характеристику сортов или деревьев в вариантах по зимостойкости цветковых почек дают, распределяя результаты по пяти группам: *высокозимостойкие* - повреждений цветковых почек нет; *зимостойкие* - до 30% почек имеют поврежденные цветки или пестики и до 15% полностью погибшие цветковые почки; *среднезимостойкие* - до 60% почек имеют поврежденные цветки или пестики и до 30% полностью погибшие цветковые почки; *малозимостойкие* - до 90% почек имеют поврежденные цветки или пестики и до 60% полностью погибшие цветковые почки; *незимостойкие* - все цветковые почки погибли.

При фенологических наблюдениях деревья по срокам созревания плодов группируют на ранние, средние и поздние.

Учет урожая.

Одновременность созревания плодов у косточковых культур определяют в период их съемной зрелости.

Осыпаемость плодов оценивают визуально на трех типичных деревьях через 3...5 дней после полного созревания плодов и выражают в баллах: 0 - осыпаемости нет; 1 - осыпались единичные плоды; 2 - осыпалось около 5% плодов; 3 - около 20%; 4 - около 30%; 5 - осыпалось более 30% плодов.

Косточковые по урожайности делят на три группы: высокоурожайные, среднеурожайные, малоурожайные.

Скороплодность косточковых культур, т. е. год вступления деревьев в плодоношение, учитывают, когда абрикос и персик дают в среднем не менее 2 кг плодов с одного учетного дерева, вишня и черешня - 1 кг. О скороплодности сортов можно судить по данным таблицы 11.

Таблица 11. Скороплодность сортов косточковых культур

Культура	Год вступления в плодоношение		
	скороплодные	средний срок скороплодности	поздний срок скороплодности
Вишня	2-3	4	5-6
Черешня	4-5	6-7	8-9
Слива	2-4	5-6	7-8
Абрикос	3-4	5-6	7-8
Персик	2-3	4-5	6-7

Изучение качества плодов.

Кроме средней массы плодов, которую определяют, как и у семечковых культур, у косточковых учитывают еще и среднюю массу косточки, для чего из 200 взвешенных плодов косточки вынимают, промывают, промокают фильтровальной бумагой, взвешивают и, разделив полученное значение на 200, получают среднюю массу косточки.

Отношение массы плода к массе косточки (в %) – один из важнейших показателей сорта косточковых культур.

Транспортабельность плодов косточковых культур характеризуют прочностью их кожицы, определяют в период полного созревания и выражают в баллах: 0 - растрескивания плодов не наблюдается; 1 - растрескалось около 5% плодов; 2 - около 10%; 3 - около 25%; 4 - около 50%; 5 - растрескалось более 50% плодов.

Величину плодов определяют по следующим показателям (табл. 12).

Таблица 12. Градация плодов по массе

Плоды	Масса плодов, г				
	вишня	черешня	слива	абрикос	персик
Очень крупные	—	—	>45	>60	>175
Крупные	>4	>5	36-45	41-60	126-175
Выше средней	—	—	26-35	31-40	101-125
Средние	3-4	3-5	16-25	21-30	76-100
Ниже средней	—	—	10-15	—	51-75
Мелкие	До 3	До 3	5-10	10-20	<50
Очень мелкие	—	—	<5	<10	—

Изучение товарных качеств плодов.

Плоды вишни сортируют на первый и второй сорта.

Первый сорт. Плоды должны быть типичными по форме и окраске, однородными по степени зрелости, не перезревшими и не зелеными. Диаметр плодов крупноплодных сортов должен быть не менее 15 мм, мелкоплодных - не менее 12 мм.

Второй сорт. Плоды могут быть нетипичными по форме и окраске и неоднородными по степени зрелости. Размеры плодов по диаметру не нормируются.

По качеству плоды *черешни* делят на два товарных сорта: первый и второй.

Первый сорт. Плоды типичной для данного помологического сорта формы и окраски, диаметром 17 мм, однородные по степени зрелости, но не перезревшие и не зеленые.

Второй сорт. Плоды как типичные, так и нетипичные по внешнему виду, диаметром не менее 12 мм. По степени зрелости они могут быть неоднородными.

Сливу и алычу крупноплодную делят на два сорта.

Первый сорт. Плоды типичной для данного помологического сорта формы и окраски, однородные по степени зрелости, но не перезревшие и не зеленые.

Второй сорт. Плоды нетипичные по форме и неоднородные по степени зрелости, но не зеленые и не перезревшие.

Плоды *абрикоса* подразделяют на две помологические группы, каждую из которых делят на два товарных сорта.

Первый сорт. Плоды типичные для данного помологического сорта, хорошо окрашенные, с плодоножкой или без нее, но без повреждений кожицы в месте прикрепления плодоножки. По степени зрелости однородные, но не зеленые и не перезревшие. Диаметр у европейских и ирано-кавказских сортов не менее 30 мм, у среднеазиатских - не менее 25 мм.

Второй сорт. Плоды могут иметь нетипичные для данного помологического сорта форму и окраску, быть неоднородными по степени зрелости, но не зелеными и не перезревшими. Размеры плодов не нормируются.

Плоды *персика* делят на две помологические группы, каждую группу сортируют на высший, первый и второй сорта.

Высший сорт. К нему относят плоды только первой помологической группы, отборные, типичной формы и окраски, однородные по степени зрелости, но не зеленые и не перезревшие. Наличие плодоножек не обязательно, однако кожица в месте прикрепления плодоножки должна быть неповрежденной. Диаметр плодов у опушенных персиков, заготавливаемых до 1 августа, должен быть не менее 50 мм, после 1 августа - не менее 55 мм, для неопушенных персиков (нектаринов) - не менее 45 мм.

Первый сорт. Плоды не отборные, но типичные по форме и окраске. Диаметр у опушенных персиков, заготавливаемых до 1 августа, должен быть не менее 45 мм, после 1 августа - не менее 50 мм, у неопушенных - 40 мм.

Второй сорт. Плоды могут быть нетипичными, неоднородными по степени зрелости, но не зелеными и не перезревшими. Диаметр у опушенных персиков, заготавливаемых до 1 августа, должен быть не менее 40 мм, после 1 августа - не менее 45 мм, у неопушенных - не менее 35 мм.

6.3.4. Учеты и наблюдения в опытах с ягодными культурами

Земляника

Фенологические наблюдения.

Начало цветения отмечают датой, когда распустилось 5-10% цветков, *конец цветения* — датой, когда отцвело до 90% цветков, а у 75% осыпались лепестки либо побурели завязи.

Началом созревания ягод считается дата, когда созрели первые ягоды, *концом созревания* – дата последнего сбора зрелых ягод.

Изменение окраски листьев учитывают осенью и выражают в баллах: 0 – окраска листьев не изменилась; 1 – изменилась на отдельных листьях; 2 – изменилась у 10% листьев; 3 – у 30%; 4 – у 70%; 5 – окраска изменилась у более чем 70% листьев.

Общее состояние растений определяют визуально в начале лета и осенью и выражают в баллах: 5 – растения сильнорослые, густо облиственные, листья крупные, хорошо окрашены; 4 – рост хороший, листья нормально развиты, следы зимних повреждений малозаметны; 3 – рост ослаблен, облиственность средняя, листья мелкие; 2 – растения неодинакового роста, изрежены, листья разного размера, бледноокрашены, следы зимних повреждений сильно заметны; 1 – растения очень угнетены, малорослые, листья мелкие, изреженные, с короткими черешками.

Степень подмерзания растений определяют весной в период усиленного роста перед цветением и выражают в баллах: 0 – подмерзаний не наблюдалось; 1 – вымерзло до 10% рожков, растения хорошо развиваются; 2 – вымерзло до 20% рожков, выпали отдельные маточные кусты, сохранившиеся кусты развиваются неравномерно; 3 – вымерзло до 50% рожков и маточных кустов, растения ослабленные, развиваются неравномерно; 4 – вымерзло до 75% рожков и маточных кустов, растения развиваются плохо, листья мелкие, разного размера, при отрастании часто засыхают; 5 – вымерзли все растения, или появляются одиночные мелкие листочки, которые засыхают.

Степень подмерзания корневищ определяют весной. Корневища разрезают, осматривают, результаты выражают в баллах: 0 – ткани корневища светлоокрашены, растения развиваются нормально; 1 – ткани корневища немного побурели, рост растений замедлен, но плодоношение нормальное; 2 – ткани корневища светло-коричневые, рожки отрастают недружно, но рост восстанавливается, плодоношение нормальное; 3 – ткани корневища коричневые, часть растений гибнет, у оставшихся рост ослаблен, листья мелкие, невыравненные, нетипичные; 4 – ткани корневища

темно-коричневые, вымерзла большая часть маточных кустов, оставшиеся сильно угнетены, имеют карликовый вид, листья изрежены, мелкие, с короткими черешками и засыхают; 5 – полная гибель растений от вымерзания.

Степень перезимовки листьев учитывают весной, результаты выражают в баллах: 0 – листья не подмерзли; 1 – побурело до 15% листьев; 2 – до 30%; 3 – до 50%; 4 – более 50%; 5 – побурели все листья.

По степени зимостойкости растения земляники подразделяют на группы: 1 - зимостойкие, в неблагоприятные зимы степень подмерзания оценивается в 1 балл, в обычные зимы растения не подмерзают; 2 - средnezимостойкие, в неблагоприятные зимы степень подмерзания оценивается в 2 балла, в обычные зимы растения подмерзают слабо; 3 - малозимостойкие, в неблагоприятные зимы степень подмерзания оценивается в 3 балла, в обычные зимы подмерзание среднее или слабое; 4 - незимостойкие, подмерзают даже в обычные зимы, а в неблагоприятные степень подмерзания оценивается в 4 и даже в 5 баллов.

Повреждение цветков весенними заморозками учитывают на второй-третий день после заморозков, когда обнаружатся признаки повреждения раскрывшихся цветков и бутонов. Для этого на каждой делянке берут по 20-25 цветков, подсчитывают количество повреждений и результаты выражают в процентах по каждой повторности.

Изучение самоплодности.

Цель – выявить сорта-опылители и взаимоопылители.

Особенности цветения, опыления и оплодотворения. В процессе фенологических наблюдений учитывают сроки, продолжительность и совпадение цветения, тип цветка и его изменчивость. На 100 кустах сорта подсчитывают число почек через 2-3 дня после их распускания.

Тип цветка определяют в начале цветения, в период массового цветения и в конце цветения. Определяют количество, жизнеспособность пыльцы и ее морфологическое строение.

Степень самоплодности изучают по схеме:

- 1) естественное самоопыление под изолятором;
- 2) искусственное опыление пыльцой этого же сорта, собран-

ной с других кустов;

3) свободное опыление.

Цветки не кастрируют. Подбирают цветки первого, второго и третьего порядков в четырехкратной повторности, по 50 цветков в каждой. Учет ведут по каждому изолятору. Самоплодность оценивают по проценту полезной завязи, средней массе ягод, числу семян на ягоду и абсолютной массе семян.

Перекрестное опыление изучают по схеме:

1) искусственное опыление пыльцой растений этого же сорта, собранной с других кустов;

2) искусственное опыление пыльцой других сортов;

3) искусственное опыление смесью пыльцы испытуемых сортов;

4) свободное опыление (контроль).

Его проводят на цветках всех порядков в трехкратной повторности без кастрации цветков, берут по 50 цветков в повторности. Лучший срок опыления – период массового цветения. Первый осмотр завязей проводят через 10 дней после опыления, второй – при съеме ягод оптимальной зрелости. Определяют среднюю массу ягоды, число, абсолютную массу и химический состав семян.

Изучение урожайности и качества ягод.

Весовой метод учета урожая. Учеты проводят со второго года после посадки по всей опытной делянке с интервалом 1-2 дня по мере созревания ягод каждого сбора, но обязательно за один день со всех делянок. Если опыт включает очень много делянок, можно убрать урожай со всех делянок целого повторения на следующий день. Урожаи всех сборов суммируют, затем вычисляют урожай со всей делянки и выражают в тоннах на гектар.

Биологический метод учета используют в методических опытах или там, где возможны хищения урожая. В каждой повторности выделяют типичный отрезок длиной в 1 м и в начале созревания, т. е. перед каждым сбором, подсчитывают на нем число ягод. Одновременно учитывают число плодоносящих растений, цветоносов, ягод на одном цветоносе, урожай ягод с куста. В период сбора отбирают подряд 100 ягод, взвешивают их и

определяют среднюю массу ягоды, затем делают пересчет в тоннах на гектар.

Выделяют высокоурожайную, урожайную, среднеурожайную и малоурожайную группы земляники.

Массу одной ягоды определяют при каждом сборе. Взвешивают 100 ягод, взятых подряд, и делят полученное значение на 100. Для расчета средней массы ягод за все сборы суммарную массу ягод всех сортов делят на число сборов.

По *величине ягоды* распределяют на группы: 1) очень крупные (масса более 10 г); 2) крупные (масса 7,5-10 г); 3) средние (масса 4,5-7,4 г); 4) мелкие (масса менее 4,5 г).

Прочность прикрепления ягод к чашечке. Ягода может быть прикреплена прочно, среднепрочно или слабо.

Прочность кожицы и плотность мякоти определяют динамографом на 100 типичных и зрелых ягодах. Усилие раздавливания высокопрочных и плотных ягод – около 1000 г, слабопрочных – 130-620 г.

Учет ягод по товарным сортам. Ягоды должны быть свежие, зрелые, окрашенные в период уборки не менее чем на 2/3 поверхности, чистые, одного помологического сорта, без постороннего запаха и привкуса, обязательно с чашечкой.

Различают первый и второй товарные сорта.

Первый сорт. Размер ягод не менее 2 см, но допускаются отклонения не более чем у 10% (по массе) ягод. Примесь других помологических сортов не должна превышать 5%, недоразвитых ягод может быть не более 5%, перезревших и помятых – не более 5%.

Второй сорт. Размер ягод не устанавливается. Примесь ягод других помологических сортов не должна превышать 10%, недоразвитых ягод не должно быть более 10%, перезревших и помятых – более 7%.

Смородина и крыжовник

Фенологические наблюдения.

Распускание почек отмечают датой, когда у большинства растений выдвигаются кончики листьев из почек. Учеты проводят через день.

Началом цветения считают дату, когда на кустах распустилось 3-5% цветков, *концом цветения* – дату, когда на кустах отцвело 90-95% цветков, цветки с запоздалым цветением не учитывают. Эти учеты проводят также через день.

Начало созревания ягод фиксируют датой появления первых ягод, окрашенных в свойственный им цвет, *конец созревания* – датой созревания последних ягод, у неодновременно созревших ягод – это день последнего сбора. Учеты делают через два дня и до конца созревания.

Конец роста отмечают датой появления у большинства однолетних ветвей вполне сформировавшихся верхушечных почек. При наличии вторичного роста отмечают его начало и конец. Окончание роста учитывают с интервалом в пять дней.

Началом листопада считают день, когда в результате естественного листопада опало 20-25% листьев. Подсчет делают с интервалом в пять дней. *Конец листопада* – это дата, когда большинство растений сбросило листья в процессе естественного листопада.

Степень листопада определяют визуально у тех сортов, которые до наступления холодов полностью не заканчивают вегетацию. Результаты выражают в процентах (опало около 20, 40, 60 и 80% листьев). Концом вегетации у таких сортов считают дату наступления устойчивых холодов, вызвавших прекращение роста.

Выход растений из периода покоя определяют двумя методами:

1. Весной высаживают в вегетационные сосуды 20 однолетних растений одного варианта (сорта) и оставляют сосуды на воздухе до наступления зимы. С наступлением зимы и через каждые 10 дней в оранжерею вносят по два растения каждого варианта (сорта) и с интервалом 10 дней учитывают распускание почек.

2. С наступлением зимы и через каждые 10 дней срезают с трех типичных кустов по одной однолетней ветви и ставят их в оранжерее в сосуды с водой при температуре 15-20°C. Распускание почек учитывают каждые 10 дней.

Длительность периода покоя – это число дней от момента вступления растений в период покоя до массового распускания листьев на контрольных ветвях.

Степень подмерзания ветвей и почек изучают на всех ку-

стах всех повторений и выражают в баллах: 0 – подмерзаний нет; 1 – подмерзли концы однолетних приростов (не более $1/4$ длины прироста), возможно более сильное подмерзание единичных однолетних ветвей; 2 – однолетние приросты подмерзли сильнее, возможно полное вымерзание отдельных однолетних и многолетних ветвей; 3 – подмерзла двухлетняя древесина на некоторых многолетних ветвях; 4 – вымерзла большая часть многолетних ветвей куста; 5 – полностью вымерз куст.

Подмерзание смешанных почек (ростовых и генеративных) определяют по количеству погибших почек на каждом кусте каждого повторения и выражают в баллах: 0 – признаков подмерзания нет; 1 – вымерзло около 10% почек; 2 – около 25%; 3 – около 50%; 4 – около 75%; 5 – вымерзло более 75% почек.

Подмерзание генеративных почек. С однолетних приростов берут среднюю пробу из 150 почек (по 50 в трех повторностях), делают продольные срезы каждой из них и просматривают под биноклем. Подсчитывают процент побуревших почек и результаты выражают в трех градациях: 1) слабое подмерзание – подмерзло до 10% генеративных почек; 2) среднее – подмерзло до 30% генеративных почек; 3) сильное – подмерзло более 30% генеративных почек.

Степень подмерзания корней определяют на одном типичном кусте в каждой повторности. Для этого раскапывают корневую систему полосами метровой ширины от штамба до периферии кроны и выбирают корни по горизонтам 0-10, 11-20, 21-30 см. Если в каком-либо горизонте подмерзших корней нет, раскопку прекращают. По каждому горизонту выделяют три фракции корней с диаметром до 2, 2-5 и более 5 мм. В каждой фракции берут по 10 отрезков длиной до 10 см. Корни отмывают от почвы, помечают этикетками и просматривают их поперечные срезы. Результаты выражают в баллах: 0 – повреждений нет; 1 – повреждена узкая зона сердцевины, имеющая буровато-коричневую окраску; 2 – повреждена сердцевина и до половины тканей древесины; 3 – повреждены все ткани, лежащие внутри от камбия; 4 – помимо тканей древесины сплошь или отдельными участками повреждена и флоэма; 5 – полностью повреждены ткани древесины и коры.

Устойчивость к весенним заморозкам изучают через 2-5 дней после заморозков, когда повреждение хорошо заметно на бутонах, цветках или молодых ягодах. Общий балл повреждения от заморозков устанавливают путем суммирования баллов отдельно по бутонам, цветкам и ягодам. Так, если бутоны повреждены на 25%, а завязь - на 50%, то общее повреждение составит 75%, т. е. 4 балла.

Общее состояние растений определяют для каждого куста и во всех повторностях в середине лета, когда заканчивается рост. Результаты выражают в баллах: 5 – кусты совершенно здоровые, хорошо облиственные, цвет листьев типичный для сорта, прирост сильный; 4 – кусты здоровые, хорошо облиственные, листья нормального размера и окраски, может быть слабое повреждение морозами, болезнями или вредителями, но без заметного угнетения, прирост хороший; 3 – кусты несколько ослаблены морозами, болезнями, вредителями и другими неблагоприятными воздействиями, прирост умеренный, размер листьев менее нормального; 2 – кусты сильно повреждены морозами, болезнями и вредителями, имеют слабый прирост, плохо облиственны, листья потеряли нормальную окраску; 1 – растения очень слабые, не имеют прироста, много больных и погибших.

По степени зимостойкости растения смородины и крыжовника распределяют на следующие группы: 1 – высокозимостойкие, не подмерзающие даже в суровые зимы; 2 – зимостойкие, незначительно подмерзающие в суровые зимы и не имеющие повреждений в обычные (средний балл подмерзания 1-2); 3 – среднезимостойкие, значительно подмерзающие в суровые зимы и слабо - в обычные (средний балл подмерзания 2-3); 4 – незимостойкие, значительно подмерзающие даже в обычные зимы, а в неблагоприятные - особенно сильно (средний балл подмерзания 4); 5 – растения вымерзают полностью.

Самоплодность смородины и крыжовника изучают в течение трех лет в вариантах с естественным и искусственным опылением. Контролем служат варианты со свободным опылением цветков. Опыление проводят на одновозрастных ветвях и кустах, используя по три куста каждого сорта. Любой вариант опыления включает 300 цветков, т. е. по 100 цветков на каждом кусте; кусты помещают в изоляторы. Через 15-20 дней после опыления

подсчитывают число завязавшихся ягод, окончательный учет проводят при полном их созревании. При изучении самоплодности от естественного опыления подсчитывают ягоды, завязавшиеся под изолятором в результате самоопыления. Результаты позволяют судить о завязывании ягод без пчел, т. е. в неблагоприятную погоду.

По каждому кусту выводят средние показатели в процентах и обрабатывают их статистически.

Показатель эффективности оплодотворения получают путем умножения процента полученных ягод на среднюю массу одной ягоды в каждом варианте опыления.

По степени самоплодности выделяют пять групп растений: 1 – высокосамоплодные, завязывающие более 50% ягод от числа опыленных; 2 – с хорошей самоплодностью, завязывающие до 50% ягод; 3 – со средней самоплодностью, завязывающие до 30% ягод; 4 – с плохой самоплодностью, завязывающие до 20% ягод; 5 – самобесплодные, завязывающие не более 3% ягод.

Перекрестное опыление изучают с целью подбора опылителей по схеме:

1. Искусственное опыление пыльцой в пределах клона (контроль).
2. Искусственное опыление пыльцой других отдельных сортов.
3. Искусственное опыление смесью пыльцы двух-трех сортов.
4. Свободное опыление (второй контроль).

Все варианты опыления размещают на одновозрастных ветвях и кустах, типичных для каждой повторности; берут по одному кусту в каждом из трех повторений. На каждом подобранном кусте изолируют по 100 бутонов, следовательно, всего в варианте будет 300 бутонов.

Пыльцу сортов-опылителей собирают за 2-3 дня до опыления и дозаривают в сухом помещении. Цветки опыляют в дни массового цветения, затем изолируют марлевыми мешочками. Первую проверку завязи делают через 15-20 дней после опыления, вторую - в период сбора созревших ягод. Определяют число ягод, их массу, число семян в ягодах и выводят средние показатели по каждому кусту.

Шиповатость крыжовника определяют визуально и выражают в баллах: 0 – шипы отсутствуют; 1 – слабая шиповатость; 2 – средняя шиповатость; 3 – сильная шиповатость.

Более точно шиповатость оценивают по формуле И.А. Миколайчука, которая имеет следующий вид:

$$Ш = (K \times d) : D,$$

где К – число шипов на 10 однолетних ветвях; d – длина крупного шипа, см; D – суммарная длина 10 ветвей, см.

К слабошиповатым относят сорта с шиповатостью менее 0,4, к среднешиповатым – не более 0,7 и сильношиповатым – более 0,7.

Побегообразовательную способность изучают также в течение трех лет на тех же типичных кустах и контрольных ветвях, что и побеговосстановительную способность. Подсчитывают число ветвей первых и последующих порядков, измеряют их длину, затем рассчитывают число ветвей высших порядков на один куст и суммарную их длину.

Показатель мощности ветвления. Умножают среднее число ветвей первого порядка, приходящихся на один узел нулевой ветви, на среднюю их длину.

Показатели урожайности смородины и крыжовника включают: 1) степень плодоносности, 2) степень цветения, 3) сроки вступления в плодоношение, 4) урожай с куста, 5) плотность урожая, 6) легкость отделения ягод от кисти, 6) осыпаемость ягод.

Степень плодоносности определяют по 150 почкам, взятым из середины пяти однолетних приростов в варианте. Делают продольные срезы через каждую почку, устанавливают число генеративных образований, результаты выражают в процентах.

Степень цветения учитывают в период массового цветения. Результаты выражают в баллах, как и для семечковых культур.

Сроком вступления в плодоношение считается год, когда с куста снимают не менее 0,3 кг ягод. В этот же год учитывают массу урожая однократно на каждой делянке.

Урожай с куста учитывают в селекционной работе, результаты учета на каждой делянке пересчитывают на гектар.

При одновременном созревании ягод урожай учитывают в два приема.

Плотность урожая определяют методом Е.П. Куликова: делят общую массу ягод с куста (в килограммах) на объем куста (в кубических метрах). Объем куста (высота × ширина × длина) измеряют весной в год учета урожая. По плотности урожая выделяют кусты:

- 1) с очень высокой плотностью – более $2,5 \text{ кг/м}^3$;
- 2) с высокой плотностью – $1,6-2,5 \text{ кг/м}^3$;
- 3) со средней плотностью – $0,6-1,5 \text{ кг/м}^3$;
- 4) с низкой плотностью – менее $0,6 \text{ кг/м}^3$.

Легкость отделения ягод от кисти определяют одной из градаций: 1) ягоды отделяются легко; 2) средняя прочность прикреплений ягод; 3) прочное прикреплении ягод.

Осыпаемость ягод определяют визуально на трех типичных кустах (по 1 кусту в повторении) через три дня после полного созревания ягод. Результаты учетов выражают в баллах: 0 – осыпаемости не наблюдается; 1 – осыпались отдельные ягоды; 2 – осыпалось до 5% ягод; 3 – до 20%; 4 – до 40%; 5 – осыпалось более 40% ягод.

Учет качества ягод.

Массу одной ягоды определяют, взвешивая 100 ягод, взятых подряд в каждом повторении, и деля полученное значение на 100.

Ягоды по массе делят на группы.

Смородина: 1) ягоды очень крупные – масса более 1 г; 2) крупные – 0,9-1,0 г; 3) средние – 0,7-0,8 г; 4) мелкие – масса 0,6 г и менее.

Крыжовник: 1) ягоды очень крупные – масса более 6 г; 2) крупные – 4-6 г; 3) средние – 2,5-3,9 г; 4) мелкие – масса менее 2,5 г.

Золотистая смородина: 1) ягоды очень крупные – масса более 2 г; 2) крупные – 1,1-2,0 г; 3) средние – 0,9-1,0 г; 4) мелкие – масса менее 0,9 г.

Прочность кожицы ягод оценивают также визуально по растрескиванию ягод в период полного их созревания и выражают в баллах: 0 – растрескивание ягод не наблюдается; 1 – растре-

скалось до 5% ягод; 2 – до 10%; 3 – до 25%; 4 – до 50%; 5 – рас-трескалось более 50% ягод.

Плотность ягод. Берут 100 типичных зрелых ягод и определяют их плотность при сдавливании между пластинками динамографа.

Внешний вид ягод характеризуют величиной, формой, окраской, опушенностью и выражают в баллах: 5 – очень красивые и крупные, хорошей формы, привлекательной окраски, без железистого опушения; 4 – красивые, крупные, правильной формы, привлекательной окраски; 3 – удовлетворительные по виду, недостаточно крупные, малопривлекательные по окраске и форме; 2 – некрасивые, мелкие, опушенные; 1 – очень некрасивые, очень мелкие, неправильной формы, плохо окрашенные.

Вкусовые качества ягод определяют дегустацией в момент полной зрелости и оценивают в баллах: 5 – вкус отличный (десертный); 4 – хороший; 3 – посредственный; 2 – плохой; 1 – очень плохой, ягоды малосъедобные.

Учет товарных качеств.

Смородина черная. Черную смородину убирают без кистей или в кистях.

Ягоды без кистей должны быть одного помологического сорта, свежие, чистые, сухие, съемной зрелости, однородной окраски, без механических повреждений, следов поражений вредителями и болезнями, без плесени, загнивания и запревания, без постороннего вкуса и запаха. Допускается не более 3% ягод, не достигших нормальной окраски, но не зеленых, количество раздавленных ягод не должно превышать 3%, остатков кистей и листьев – 0,3% массы ягод.

Ягоды в кистях должны созревать одновременно. Допускается до 5% ягод, не достигших нормальной окраски, но не зеленых. Количество раздавленных ягод не должно превышать 2% массы, а отделившихся от кистей – 10%. Остатков листьев и кистей без ягод не более 0,2% массы ягод.

Крыжовник. Ягоды должны быть свежие, сухие, одинаковой степени зрелости (технической или потребительской), одного помологического сорта, без повреждений вредителями и болезнями, с плодоножкой или без нее, без запревания и загнива-

ния. Допускается примесь других помологических сортов не более 5% массы ягод, с незначительными повреждениями мучнистой росой - до 5%, перезревших - не более 2%, с механическими повреждениями - не более 1%. Остатков листьев не более 0,3% массы ягод.

Малина

Фенофазы отмечают датами по определенным признакам.

Начало распускания почек - лопнули почки, и появились кончики листьев. Дату отмечают по первым распустившимся почкам.

Начало цветения - распустилось 5-10% цветков.

Степень цветения определяют визуально в период массового цветения и выражают в баллах: 5 – цветение обильное; 4 – хорошее; 3 – среднее; 2 – слабое; 1 – очень слабое; 0 – цветение отсутствует.

Конец цветения – на делянке отцвело 90% цветков, т. е. у 75% цветков осыпались лепестки, а остальные завязи побурели или завяли.

Начало созревания ягод – дата созревания первых ягод.

Конец созревания ягод – дата последнего сбора зрелых ягод.

Начало роста – появление прикорневых побегов (отпрысков) у основания куста.

Конец роста – у большинства побегов сформировались верхушечные почки.

Подмерзание кустов определяют визуально во время цветения на 1 м² и выражают в баллах: 0 – подмерзаний нет; 1 – подмерзли концы прикорневых ветвей до 1/4 длины, возможно более сильное подмерзание единичных ветвей, почки не повреждены; 2 – подмерзла 1/3 длины прикорневых ветвей, вымерзли отдельные почки, возможно полное вымерзание отдельных ветвей; 3 – вымерзло до 1/2 длины ветвей и до 25% почек, возможно полное вымерзание 1/3 всех ветвей; 4 – подмерзло до 3/4 длины прикорневых ветвей и до 50% почек, вымерзла полностью вся надземная часть.

Подмерзание почек. Весной до распускания почек в каж-

дой повторности срезают на четырех типичных ветвях две трети их длины, вносят отрезки в теплое помещение и ставят в сосуды с теплой водой. Через 4-6 дней берут 100 почек со средней и верхней, не подлежащей весенней обрезке части побегов, делают продольные срезы и просматривают под микроскопом. Результаты выражают в баллах: 0 – подмерзаний нет; 1 – подмерзло до 10% почек; 2 – до 30%; 3 – подмерзло более 30% почек.

Общее состояние растений учитывают в каждой повторности дважды – во время цветения и в конце роста побегов.

Во время цветения оценивают характер распускания почек, отрастание побегов, выдвижение и развитие соцветий, окраску листьев, пораженность болезнями и повреждение вредителями.

При осеннем учете определяют высоту побегов, их выравненность по высоте и толщине, побегообразовательную способность, состояние листьев, пораженность болезнями и повреждение вредителями. Результаты выражают в баллах: 5 – растения с отличным, характерным для сорта ростом, густооблиственные, с хорошим цветением, листья крупные, с типичной для сорта окраской; 4 – растения и прикорневые побеги отличаются хорошим ростом, выравнены, листья и соцветия нормально развиты, типичные для сорта, без повреждений; 3 – рост растений заметно ослаблен зимними повреждениями, болезнями, вредителями и другими неблагоприятными факторами, листья изрежены, соцветия развиваются медленно, они не выравненные; 2 – растения низкорослые, на них сильно заметны следы зимних повреждений, а также действие болезней и вредителей, листья слабо развиты, не выравнены, не имеют нормальной окраски; 1 – растения очень ослаблены, плохо восстанавливаются после зимы, а также от повреждений вредителями и поражений болезнями, листья бледно-зеленые, куст почти не развивается.

Самоплодность малины изучают на районированных и перспективных сортах по той же методике, что и самоплодность земляники, но с некоторыми особенностями:

1) для изоляции цветков выбирают ветви с одной и той же стороны ленты по отношению к сторонам света;

2) в каждом варианте опыления берут по 400 цветков, повторность четырехкратная, т. е. имеют по 100 цветков в комбинации;

3) опыт закладывают без кастрации цветков, опыление проводят однократно и обильно;

4) завязавшиеся ягоды подсчитывают через 15-20 дней после опыления и в период оптимальной зрелости ягод;

5) по мере созревания ягоды также подсчитывают и взвешивают;

6) самоопыление малины изучают не менее трех лет.

Существенные показатели самоплодности:

– процент полезной завязи, т. е. отношение числа развившихся ягод к числу изолированных цветков;

– средняя масса ягоды;

– урожай ягод на 100 опыленных цветков;

– число нормально развитых семян на одну ягоду и на 100 опыленных цветков;

– абсолютная масса семян;

– число ягод и семян в них;

– химический состав ягод.

Шиповатость на побегах малины определяют визуально и выражают в баллах: 0 – шипов нет или они мягкие и расположены только у основания побегов; 1 – в верхней части побега шипы отсутствуют или они единичные, в нижней части имеется среднее число жестких шипов; 2 – верхняя часть побега без шипов или слабошиповатая, в нижней части шиповатость сильно выражена, число шипов и их жесткость средние; 3 – побеги по всей длине сильно шиповатые, шипы жесткие.

Степень плодоношения изучают визуально на второй год после посадки, результаты выражают в баллах: 5 – очень высокая; 4 – высокая; 3 – средняя; 2 – слабая; 1 – очень слабая.

Съемный урожай. Взвешивают массу всего урожая с каждой опытной делянки через 1-2 дня после начала созревания ягод. По урожайности малину подразделяют на высокоурожайную – более 8 т/га; урожайную – 6-8 т/га; среднеурожайную – 4-6 т/га; малоурожайную – менее 3 т/га.

Осыпаемость ягод определяют визуально в период массового созревания при трех сборах и выражают в баллах: 0 –

осыпаемость не наблюдается; 1 – осыпались отдельные ягоды; 2 – осыпалось до 5% ягод; 3 – до 20% ягод; 4 – осыпалось до 30% ягод.

Массу ягод определяют при первом, втором, четвертом и последнем сборах, для чего берут подряд 100 ягод, взвешивают их и полученное значение делят на 100. По средней массе ягод выделяют:

1) очень крупные – более 2,5 г; 2) крупные – 2,0-2,5 г; 3) средние – 1,5-1,9 г; 4) мелкие – менее 1,5 г.

Вкусовые качества. Дегустируют ягоды второго или третьего сбора. Результаты выражают в баллах: 5 – вкус отличный; 4 – хороший; 3 – посредственный; 2 – плохой; 1 – очень плохой.

6.3.5. Учеты и наблюдения в опытах с орехоплодными культурами

Учет *общего подмерзания деревьев* грецкого ореха и кустов фундука проводят весной после распускания листьев и выражают в баллах: 0 – подмерзаний нет, деревья и кусты развиваются нормально; 1 – подмерзли невызревшие концы у небольшой части сильных прошлогодних ветвей на 1/3 их длины; 2 – подмерзло большинство сильных прошлогодних ветвей более чем на 1/2 их длины; 3 – подмерзли сильные прошлогодние ветви по всей их длине, спящие почки пробуждаются лишь у основания побегов, урожай сильно снижен; 4 – погибла однолетняя и двухлетняя древесина, сильно повреждены скелетные ветви I и II порядков, частично поврежден штаб ореха и маточных ветвей фундука; 5 – полностью погибла крона, сильно поврежден штаб (кора и древесина) ореха и куст фундука.

По *зимостойкости деревьев* грецкого ореха и кусты фундука делят на группы: 1) зимостойкие – 1 и 2 балл подмерзания; 2) среднезимостойкие – 3 балл подмерзания; 3) слаботимостойкие – 4 и 5 балл подмерзания; 4) незимостойкие – вымерзают в суровые зимы.

Для мужских соцветий отмечают: начало роста, раздвижение цветочных чешуй, выделение пыльцы, конец выделения

пыльцы, продолжительность выделения пыльцы в днях, массовое осыпание сережек.

Для женских цветков отмечают начало распускания плодовых почек, появление женских цветков, начало и конец восприимчивости рылец, продолжительность периода восприимчивости рылец в днях.

Началом роста мужских соцветий считается момент вытягивания сережек в длину, *началом цветения мужских соцветий* – период разрыхления сережек, раздвижения цветочных кроющих чешуй и обособления каждого мужского цветка.

Началом распускания и раскрытия цветковых почек у фундука считается момент раздвижения кроющих почку чешуй, у грецкого ореха – появление зеленого конуса.

О начале восприимчивости рылец женских цветков говорит появление на поверхности рыльца липких веществ, способствующих прорастанию пыльцы. Показатель *конца периода восприимчивости рылец* – побурение их поверхности, исчезновение липкости и характерного блеска.

Общие фенологические наблюдения:

- 1) время окончания первого роста и начало второго роста побегов;
- 2) наличие и время наступления вторичного цветения (у грецкого ореха);
- 3) сроки наступления съемной зрелости плодов;
- 4) конец вегетации;
- 5) продолжительность вегетационного периода;
- 6) поражаемость вредителями и болезнями;
- 7) общее состояние деревьев в конце вегетации и другие показатели.

Началом наступления съемной зрелости плодов грецкого ореха считается период, когда у половины плодов начинает растрескиваться околоплодник. Весь процесс созревания длится 10-15 дней. Признак начала созревания плодов фундука – пожелтение околоплодника (плюски) и появление характерной окраски скорлупы.

Урожай ореха и фундука снимают в стадии полной физиологической зрелости, т. е. когда часть орехов начинает выпадать из околоплодника.

По срокам созревания выделяют рано-, средне- и поздно-созревающие группы орехов.

Продолжительность вегетационного периода рассчитывают с момента распускания вегетативных почек и до момента опадения 50% листьев при естественном листопаде.

Общее состояние растений оценивают по пятибалльной шкале в конце вегетационного периода по каждому учетному дереву. Отмечают силу роста, плодоношение, наличие механических повреждений, а также повреждений низкими температурами и т. д. Используют те же методики, что и для плодовых растений.

Учет урожая и оценка его качества. При определении урожая грецкого ореха и фундука учитывают биологические особенности их плодоношения: из каких почек (верхушечных или пазушных) идет плодоношение, число плодов в соплодии, соотношение почек тычиночных и пестичных цветков, время вступления в плодоношение; принимают также во внимание способность некоторых сортов цвести дважды в год и давать второй урожай.

Годом вступления деревьев в плодоношение считается год появления первых плодов. Возраст дерева (куста), вступающего в плодоношение, исчисляют с года посадки на постоянное место.

Силу плодоношения учитывают за 20 дней до созревания и выражают в баллах: 5 – плодоношение обильное; 4 – хорошее; 3 – среднее; 2 – слабое; 1 – имеются единичные плоды; 0 – урожай отсутствует.

Массу урожая в околоплоднике определяют до выпадения орехов на одном дереве или делянке.

Массу сырых орехов, очищенных от околоплодника, определяют по образцу (массой 10 кг), отобранному с делянки. Выход сырых орехов выражают в процентах и используют для расчета выхода сырых орехов по варианту или сорту.

Для определения *массы урожая сухих орехов* рассчитывают влажность образца, высушенного до воздушно-сухого состояния.

Учеты и наблюдения в опытах с растениями сладкого миндаля проводят так же, как с плодовыми растениями.

Качество орехов изучают по следующим показателям

Масса одного ореха определяется подсчетом числа орехов в килограммовой навеске орехов, взятых подряд. Результаты выражают в баллах (табл. 13).

Таблица 13. Оценка средней массы одного ореха в баллах

Орехи	Баллы	Средняя масса одного ореха, г	
		грецкий	фундук
Очень мелкие	1	6,1-8,0	до 1,52
Мелкие	2	8,1-10,0	1,53-1,95
Средней величины	3	10,1-12,0	1,96-2,38
Крупные	4	12,1-14,0	2,39-2,80
Очень крупные	5	14,1 и более	2,81 и более

Параметры грецких орехов. У 50 типичных орехов из средней пробы штангенциркулем измеряют высоту, ширину (по шву), толщину (по бокам) и выводят среднее значение. По параметрам орехи оценивают в баллах (табл. 14).

Таблица 14. Оценка грецких орехов по параметрам

Баллы	Параметр, мм		
	высота	ширина	толщина
5	41,1 и более	34,1 и более	34,1 и более
4	38,1-41,0	32,1-34,0	32,1-34,0
3	35,1-38,0	30,1-32,0	30,1-32,0
2	32,1-35,0	28,1-30,0	28,1-30,0
1	до 32,0	до 28,0	до 28,0

Поверхность скорлупы грецкого ореха характеризуют в баллах: 4 – почти гладкая; 3 – слабоморщинистая; 2 – морщинистая; 1 – грубоморщинистая.

Средний объем ореха определяют в пробе из 50 орехов, взятых наугад. Об объеме орехов судят по количеству кварцевого песка, вытесненного из объемометра. Так, если 50 орехов вытеснили 750 см³ песка, средний объем ореха будет 15 см³. В качестве объемометра можно использовать любой мерный ци-

линдр (кастрюлю) вместимостью 3 л. Цилиндр до метки засыпают песком, затем песок высыпает, орехи укладывают послойно и Пересыпают этим же песком. Объем новошедшего песка определяют другим мерным цилиндром. Орехи оценивают по объему согласно таблице 15.

Таблица 15. Оценка орехов по их объему

Орехи	Средний объем одного ореха, см ³	
	грецкий	фундук
Очень мелкие	до 11,0	до 2,0
Мелкие	11,1-14,0	2,1-2,8
Средней величины	14,1 -17,0	2,9-3,6
Крупные	17,1-20,0	3,7-4,4
Очень крупные	20,1 и более	4,5 и более

Прочность скорлупы грецкого ореха определяют так: в пробе из 30 орехов, взятой в трехкратной повторности, орехи разбивают по высоте, ширине и толщине на гидравлическом прессе. Значение давления, при котором разбивается орех, переводят в соответствующие усилия в килограммах. По прочности скорлупы орехи группируют и оценивают в баллах (табл. 16).

Таблица 16. Оценка грецких орехов по прочности скорлупы

Степень прочности	Баллы	Прочность, кг		
		по высоте	по ширине	по толщине
Мягкая	4	до 25,0	до 25,0	до 50,0
Среднемягкая	3	25,1-35,0	25,1-35,0	50,1-70,0
Твердая	2	35,1-45,0	35,1-45,0	70,1-90,0
Очень твердая	1	более 45,1	более 45,1	более 90,1

Выделяемость ядра грецкого ореха. Орехи разбивают под прессом, выделяемость ядра выражают в баллах: 4 – ядро выделяется хорошо, целиком или половинками; 3 – ядро выде-

ляется хорошо, но крупными кусочками; 2 – ядро выделяется среднемелкими кусочками; 1 – ядро приходится извлекать.

Толщину скорлупы грецкого ореха и фундука измеряют штангенциркулем. В средней части створки делают по пять измерений, результаты выражают в баллах (табл. 17).

Таблица 17. Оценка орехов по толщине скорлупы

Количество скорлупы по толщине	Балл	Толщина скорлупы, мм	
		грецкий орех	фундук
Тонкая	3	0,8-1,2	0,4-0,7
Средней толщины	2	1,3-1,6	0,8-1,1
Толстая	1	более 1,7	более 1,2

Выход ядра определяют у грецкого ореха в пробе из 50 шт., у фундука – из 100. Орехи разбивают под прессом, извлекают ядра, определяют их массу и выражают в процентах от общей массы орехов. Результаты группируют и оценивают в баллах (табл. 18).

Таблица 18. Оценка выхода ядра орехов

Содержание ядер в орехах	Баллы	Выход ядра, %	
		грецкий орех	фундук
Очень высокое	5	более 56,1	более 54,0
Высокое	4	53,1-56,0	48,7-53,9
Среднее	3	49,1-53,0	43,4-48,6
Низкое	2	45,1-49,0	38,1-43,3
Очень низкое	1	менее 45,1	менее 38,0

Массу ядра (г) в 1 см³ объема ореха (степень выполнения ореха ядром) рассчитывают по формуле $M = m \times B / 100 \times V$,

где m - средняя масса ореха, г;

B - выход ядра, %;

V - средний объем ореха, см³.

Результаты оценивают в баллах (табл. 19).

Таблица 19. Определение массы ядра в единице объема ореха

Степень выполненности ореха ядром	Баллы	Содержание ядра в 1 см ³ объема ореха, г	
		грецкий орех	фундук
Очень низкая	1	менее 0,24	менее 0,23
Низкая	2	0,25-0,27	0,24-0,31
Средняя	3	0,28-0,30	0,32-0,39
Высокая	4	0,31-0,33	0,40-0,47
Очень высокая	5	более 0,34	более 0,48

Орехи грецкие в зависимости от качества подразделяют на высший, первый и второй товарные сорта.

Высший сорт. Орехи вполне развившиеся, свободные от околоплодника, скорлупа светло-серая или светло-коричневая, тонкая, легко раскалывается. Диаметр ореха (наибольший поперечный) должен быть не менее 28 мм, по величине все орехи равномерные, их поверхность гладкая, ребра малозаметные. Выход ядра составляет не менее 50%, ядро легко отделяется половинками или четвертинками, цвет ядра – от золотисто-желтого до светло-коричневого, на изломе – белый с желтым оттенком. Влажность ядра – не более 10%.

Первый сорт. Диаметр орехов должен быть не менее 25 мм, поверхность гладкая или слегка шероховатая, со слабо выделяющимися ребрами. Выход ядра составляет не менее 45%, допускается наличие не более 0,1% (по массе) посторонних примесей и ореховой скорлупы.

Второй сорт. Окраска колеблется от светло-серой до темно-коричневой, диаметр – не менее 20 мм, допускается примесь орехов с трудно раскалываемой скорлупой, величина орехов может быть неодинаковой, поверхность - шероховатой и ребристой. Выход ядра должен составлять не менее 35%, оно отделяется с трудом, кусочки составляют не менее 1/8 ядра. Цвет ядра – от светло-коричневого до коричневого. Посторонних примесей и ореховой скорлупы не более 0,3%. Повре-

жденных вредителями, прогорклых и недоразвившихся орехов – не более 10%.

Орехи фундука по качеству делят на высший, первый и второй товарные сорта.

Высший сорт. Орехи целые, нормально развитые, сухие, без околоплодника (плюски), однородные по форме, размеру и цвету скорлупы, одного помологического сорта или близких между собой сортов, средняя масса ореха не менее 2,3 г. Выход ядра составляет не менее 50% по массе, ядро плотное, твердое, на изломе белое с кремоватым оттенком, без постороннего запаха и вкуса. Влажность ядра допускается не более 12%.

Первый сорт. Возможна примесь орехов других помологических сортов, но сходных по внешнему виду. Средняя масса ореха – 1,2 г, выход ядра – не менее 46% по массе. Недозрелых, со ссохшимся ядром, недоразвитых и поврежденных вредителями орехов – не более 5% по массе.

Второй сорт. Орехи разнообразные по форме, размеру и окраске. Выход ядра – не менее 42%. Недозрелых, со ссохшимися ядрами, недоразвитых и поврежденных вредителями орехов не более 10% по массе, с прогорклым ядром – не более 3%.

Орехи миндаля сладкого по качеству разделяют на четыре товарно-помологические группы: бумажно-скорлупные, мягкоскорлупные, плотноскорлупные, твердоскорлупные; по сортности – на два товарных сорта: высший и первый. К высшему сорту относят орехи бумажно-скорлупные, мягкоскорлупные и плотноскорлупные. К первому – твердоскорлупные и орехи первых трех групп, если они не соответствуют по качеству высшему сорту.

Высший сорт. Орехи вполне развившиеся, очищенные от околоплодника (кожуры), окраска скорлупы равномерная, от желто-серой до темно-коричневой. Плотность и поверхность кожуры бумажно-растреснутая, плотная, шероховатая, бугристая, ямчатая, бороздчатая. Ядро покрыто кожицей от светло-коричневого до коричневого цвета. На изломе ядро белое с кремоватым оттенком, выход ядра составляет не менее 30% по массе, вкус и запах, свойственные свежему миндальному ореху, влажность ядра допускается не более 10%, ореховой

скорлупы – не более 10%, наличие посторонних примесей не допускается.

Первый сорт. Скорлупа твердая, поверхность чаще ямчатая, гладкая. Выход ядра должен быть не менее 25%, ореховой скорлупы – не более 3%, посторонних примесей – не более 0,1%, орехов, поврежденных вредителями, - не более 1%, недоразвитых – не более 3%, с присохшей кожурой – не более 5%, с плесневелым ядром – не более 3%, с камедью – не более 2%, прогорклых – не более 3%, с горьким ядром – не более 3%.

6.4. Учеты и наблюдения в овощеводстве открытого грунта

Фенологические наблюдения, необходимые для оценки влияния агроприемов или факторов среды на рост и развитие растений, проводят на всех делянках опыта ежедневно, обычно по утрам. Отмечают начало каждой фазы, когда она наблюдается у 10% растений, и массовое наступление – у 75% растений.

У овощных культур отмечают даты следующих фаз роста и развития:

у всех культур – посева семян или посадки рассады, продолжительность вегетационного периода отсчитывают не от даты посева, а со времени появления всходов;

у капусты белокочанной, краснокочанной, цветной и савойской – появления всходов, пикировки сеянцев, посадки рассады в грунт, образования розетки, начала образования кочана, наступления технической зрелости;

у капусты цветной и белокочанной ранней – даты первого и последнего сбора урожая; *у капусты белокочанной поздней* - дату уборки урожая;

у томата, баклажана и перца – появления всходов, пикировки сеянцев, образования первого или второго настоящего листа, посадки рассады в грунт, бутонизации, цветения (у томата отмечают время цветения и место заложения первой цветочной кисти), начала образования плодов, начала созревания плодов томата, технической зрелости плодов перца и баклажа-

на, первого и последнего сбора;

у **огурца** – появления всходов, образования третьего листа, начала образования боковых плетей, бутонизации женских цветков, цветения мужских цветков, цветения женских цветков, образования завязей, первого и последнего сбора плодов;

у **бахчевых культур** – наступления тех же фаз, что и у огурца, но вместо фазы третьего листа – фазы шатрика;

у **лука-репки и севка, выращиваемых из семян, лука из севка и выборка, чеснока** – появления всходов (отрастания), образования луковицы, полегания листьев, подсыхания листьев, стрелкования растений, уборки урожая;

у **корнеплодных овощных культур** – появления всходов, начала образования корнеплодов (начала пучковой зрелости), наступления технической зрелости, уборки урожая;

у **зеленных и пряно-вкусовых овощных культур** – появления всходов, наступления технической зрелости (обычно при образовании 8-10 листьев), уборки урожая, если есть необходимость – начала образования цветоносов и соцветий, цветения, созревания семян;

у **многолетних овощных культур** (ревень, щавель, спаржа, многолетние виды лука, эстрагон, хрен, катран) – появления всходов или начала вегетации после перезимовки, технической зрелости, уборки, начала отрастания вегетативной массы после срезки урожая, у хрена и катрана – даты отмирания листьев.

Важный показатель большинства опытов – густота стояния растений. Ее определяют на всех делянках дважды: после посадки рассады или полного появления всходов посевных культур и перед уборкой урожая (у лука, корнеплодных и зеленных культур – при уборке).

В большинстве агротехнических опытов, особенно в тех, где изучают приемы, влияющие на рост и развитие растений (площади питания, способы посадки рассады, применение удобрений, орошение и др.), через каждые 10-20 дней и в конце вегетации проводят биометрические исследования. Для этого в трех-четыре повторностях каждого варианта опыта выделяют в трех-пяти местах по 10 растений подряд, исключая поврежденные вредителями или пораженные болезнями. Все

10 растений в пробе должны иметь одинаковую площадь питания, установленную для изучаемых вариантов. Возле них не допускается наличие выпавших растений или пропусков.

Сроки учета прироста растений различных культур следующие:

капуста: рассады – перед посадкой в грунт, кочана – через 5 дней после срока массового завязывания, при первом и последнем сборе урожая;

томат: рассады – перед посадкой в поле, растений – во время массового цветения первого соцветия, при первом и последнем сборе урожая;

корнеплодные культуры: при появлении третьего настоящего листа, при уборке пучковой, а затем и обрезной продукции, при уборке технически зрелых корнеплодов;

огурец посевом семян в грунт: в фазе третьего листа, начале цветения женских цветков, начале плодоношения, во время наибольшего сбора плодов, при последнем сборе (в этот срок растения извлекают из земли и измеряют их); *при рассадной культуре:* рассады - перед посадкой в грунт, в дальнейшем в те же фазы роста и развития растений, что и при посеве семян;

бахчевые культуры (арбуз, дыня, тыква): в фазе шатрика, в период образования плетей, во время цветения женских цветков, в период созревания плодов;

лук: при появлении третьего листа, в начале образования луковицы, при сборе урожая.

У растений капусты при первом и втором учетах подсчитывают число листьев, измеряют их длину и ширину и длину черешков, диаметр розетки листьев в двух направлениях, а в период формирования кочанов – их диаметр.

У растений томата учитывают высоту главного стебля и число боковых побегов, число, иногда и площадь листьев, определяют число кистей, порядок их заложения (указывают лист, над которым они закладываются), а также количество завязавшихся на них плодов.

У корнеплодных растений в период вегетации учитывают число листьев и длину наибольшего листа. Во время уборки урожая устанавливают число, иногда и площадь листьев, дли-

ну наибольшего листа, взвешивают корнеплоды с ботвой и без нее, измеряют наибольший диаметр корнеплодов в двух направлениях и их длину.

У растений огурца, арбуза, дыни и тыквы определяют длину главного и боковых побегов, число, а иногда и площадь листьев, число боковых побегов, мужских и женских цветков, завязей, место их заложения (на каких побегах и над каким листом), продольный (а у огурца – длину) и наибольший поперечный диаметр плодов.

У растений лука учитывают число листьев, длину наибольшего листа, диаметр гнезда луковицы.

Площадь листьев определяют следующими методами:

- путем получения отпечатка листа на обычной или светочувствительной бумаге;
- с помощью фотопланиметра системы Гаврилова;
- весовым методом, при этом устанавливают массу всех листьев без черешков, затем массу высечек определенной площади и рассчитывают площадь листьев на 1 га;

- математическими методами, разработанными Н.Ф. Коняевым (1970). В тех случаях, когда листья имеют форму, близкую к правильной геометрической фигуре, их площадь определяют по той же формуле, что и площадь данной фигуры. Например, площадь круглых листьев капусты можно вычислить по формуле площади круга. Но так как форма листа не соответствует точно формам правильных геометрических фигур, приходится вводить поправочные коэффициенты (K), которые рассчитывают по соотношению точно установленных истинных площадей листьев и площадей правильных геометрических фигур, вычисленных с помощью формул. Для определения площади сильно- или слаборассеченных листьев, т. е. существенно отклоняющихся по форме от правильных геометрических фигур, Н.Ф. Коняев (1970) предложил пользоваться разработанной им формулой $Y=(a+bx)n$,

где Y – площадь листьев; a и b – константы, определяемые для каждого сорта методом регрессии; x – произведение длины на ширину или квадрат длины листа; n – число листьев в пробе.

Н.Ф. Коняев вывел 18 формул для определения площади листьев у растений основных овощных культур (табл. 20).

Таблица 20. Формулы для определения площади листьев
овощных культур

Культура	Сорт	$Y = (a + b \times x) \times n, \text{ см}^2$	$x^*, \text{ см}$
Капуста белоко- чанная	Слава грибовская	$Y = (-31 + 0,82 \times x) \times n$	$D \times Ш$
	Белорусская 455	$Y = (13,3 + 0,762 \times x) \times n$	$D \times Ш$
	Амагер 611	$Y = (29 + 0,74 \times x) \times n$	$D \times Ш$
	Московская поздняя	$Y = (-78 + 0,85 \times x) \times n$	$D \times Ш$
Морковь	Нантская	$Y = (-23 + 0,391 \times x) \times n$	$DЖ^2$
Огурец	Шесть сортов	$Y = (-9,8 + 0,676 \times x) \times n$	$D \times Ш$
Лук репча- тый	Каба	$Y = (8,2 + 0,051 \times x) \times n$	$ДЛ^2$
	Каба	$Y = (10,4 + 0,611 \times x) \times n$	$D \times Ш$
	Бессоновский	$Y = (10,4 + 0,051 \times x) \times n$	$ДЛ^2$
	Бессоновский	$Y = (7,5 + 0,624 \times x) \times n$	$D \times Ш$
Лук батун	Грибовский	$Y = (9,0 + 0,376 \times x) \times n$	$ДЛ^2$
Томат	Алпатьева 905-А	$Y = (-17,2 + 0,364 \times x) \times n$	$ДЛ^2$
Редис	Рубин	$Y = (0,5 + 0,672 \times x) \times n$	$ДП^2$
Пастернак	Студент	$Y = (9,5 + 0,380 \times x) \times n$	$ДП^2$
Свекла	Бордо	$Y = (16 + 0,624 \times x) \times n$	$D \times Ш$
Боб	Белорусские	$Y = (-5 + 0,508 \times x) \times n$	$ДП^2$
Репка	Миланская	$Y = (3,5 + 0,5698 \times x) \times n$	$D \times Ш$
Картофель	Тулунский	$Y = (16 + 0,624 \times x) \times n$	$D \times Ш$
* $D \times Ш$ – длина \times ширина; $DЖ$ – длина жилки; $ДЛ$ – длина листа; $ДП$ – длина пластинки.			

Наблюдения за корневой системой, а также учет корневых остатков выполняют по специальной методике (Станков Н.З., 1957).

Для исходной агрохимической характеристики и классификации почвы определяют следующие показатели ее по взятым образцам:

гранулометрический состав по горизонтам почвенного профиля пипеточным методом по Качинскому или ускоренным методом – обработкой почвы пирофосфатом натрия с последующим определением содержания частиц в суспензии по плотности;

объемную массу почвы, необходимую для характеристики ее водного и воздушного режимов и для вычисления абсо-

лутных запасов в ней воды, гумуса, азота, фосфора, калия и других веществ; образцы почвы берут любым буром, обеспечивающим точный объем ее без нарушения структуры (лучше всего использовать бур Васильева БН-500);

максимальную гигроскопичность почвы для вычисления в ней влаги, недоступной растениям; анализ проводят при относительной влажности воздуха 96% по методу Митчерлиха;

наименьшую влагоемкость почвы методом заливки площадок с последующим определением влажности по слоям почвы;

содержание гумуса – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО во всех горизонтах почвенного профиля; для ускоренного определения гумуса в почве следует применять метод Цыпленкова (Петербургский А.В., 1968);

содержание общего азота – как правило, по микрометоду Кьельдаля; можно использовать также микрохромовый метод Тюрина, феноловый метод Кудеярова и фотометрический метод ЦИНАО (Аринушкина Е.В., 1984); **сумму поглощенных оснований** – по методу Каппена-Гильковица, **гидролитическую кислотность почв** – по методу Каппена, **кислотность почвы** (рН) в солевой вытяжке (КС1) – потенциометрически, **обменную кислотность и подвижный алюминий** – по методу Соколова, **степень насыщенности почвы основаниями** – по емкости поглощения катионов почвой и сумме поглощенных оснований;

содержание нитратного азота в почве в водной вытяжке – с помощью дисульфифеноловой кислоты, а **аммиачного азота** - в 0,1 н. КС1-вытяжке с реактивом Несслера; по сумме аммиачного и нитратного азота можно судить об обеспеченности почв доступным азотом;

содержание подвижного фосфора и обменного калия в минеральных пойменных и некарбонатных черноземных почвах – с помощью ацетатной вытяжки по Чирикову;

содержание обменного калия в некарбонатных почвах – по методу Масловой, в карбонатных - по методу Протасова;

биологическую активность почв – по совокупному значению ряда показателей (выделение CO_2 – по методу Штатнова, **нитрификационную способность** – по Кравкову и **целлю-**

лозоразрушающую способность – путем разложения почвой льняной ткани по Вострову-Петровой).

При составлении программы работы объем и перечень физиологических и биохимических исследований следует определять с учетом изучаемой культуры, конкретных условий и задач полевого опыта.

При **рассмотрении частных вопросов агротехники**, помимо обязательных для большинства полевых опытов физиологических исследований (фенология, биометрия), рекомендуется проводить дополнительные физиологические эксперименты и наблюдения. Например, в **опытах по изучению предшественников, звеньев севооборотов, способов обработки почвы и удобрений** важное значение имеет выявление закономерностей роста и развития не только надземных органов, но и корневой системы, поступления, распределения и использования растением основных элементов минерального питания. О **жизнедеятельности корневой системы** можно судить по интенсивности выделения корнями пасоки и ее составу (содержание аммиака, нитратов, аминокислот, фосфора и калия) в разные фазы роста и развития растений, о поглощении элементов минерального питания - по накоплению их в органах растений.

Эти показатели важны также при **изучении поливных режимов и способов полива**.

При **обосновании схем размещения и густоты стояния растений, оптимальных сроков посева** целесообразно наряду с учетом различий в интенсивности ростовых процессов надземной части и корневой системы растений определение фотосинтетического потенциала посевов, процесса фотосинтеза в динамике (интенсивности и продуктивности), а также объема общей и рабочей адсорбирующей поверхности корневой системы. Эти же физиологические исследования важны в **опытах по изучению способов и режимов орошения, применения удобрений, при разработке приемов получения ранней продукции** овощных культур и изучении ассортимента.

В **опытах с гербицидами** обязательны оценка их влияния на рост и продуктивность растений, химический состав продукции, установление в ней остаточных количеств препаратов.

В экспериментах, особенно в тех, где изучают последствие длительного применения гербицидов, желательно проводить исследование фотосинтетической активности растений (определение интенсивности и продуктивности фотосинтеза, содержание хлорофилла).

В ряде опытов изучают *влияние агроприемов на качество семян* (различные способы обработки семян, сроки посева, нормы высева и др.).

При *изучении семян* определяют:

влажность – методом высушивания или с помощью влагомера; *силу роста проростков* – по скорости роста корешков, *способности ростков* пробиваться через определенный слой песка и по интенсивности накопления надземной массы ростков через определенный период после закладки семян для анализа на всхожесть;

жизнеспособность семян – методами окрашивания; *активность липазы* – методом Онслоу, *аскорбиновой кислоты* – по Прокошеву или Мурри ;

активность протеаз и амилазы;

дыхание семян и проростков – по методу Иванова и Коссович; *кислотное число* – полумикрометодом (Ермаков А.И. с сотр., 1972).

При *изучении роста и развития растений* проводят:

фенологические наблюдения и биометрические исследования – по методикам, описанным ранее;

определение площади листьев – весовым методом с помощью фотопланиметра или по методу Н.Ф. Коняева (1970);

определение показателей фотосинтетического потенциала посевов – по А.А. Ничипоровичу и др. (1961);

биологический контроль за развитием растений (морфогенез) – по Ф.М. Куперман (1957);

изучение роста корневой системы растений – методами почвенного монолита, буровым или траншейным методом;

определение объема, общей и рабочей адсорбирующей поверхности корневой системы – по Сабинину и Колосову;

изучение особенностей реакции растений на температуру и длину дня (наступление фаз роста и развития, формирование репродуктивных органов).

При *изучении водного режима растений* определяют:
содержание воды и сухого вещества в растительном материале – методом высушивания и рефрактометрическим методом;

содержание свободной и связанной воды в листьях растений – по Гусеву;

интенсивность транспирации – весовым методом по Иванову или транспиометром Л.Н. Бабушкина;

водный дефицит листьев – по Незговорову и Соловьеву или по Д.П. Викторову;

потребность растений в воде – по изменению концентрации выжатого из листьев клеточного сока рефрактометрическим методом;

дефицит относительной тургесцентности – по Лебедеву (1969);

водоудерживающую способность листьев – путем взятия высечек листа, немедленного их взвешивания и последующего периодического взвешивания на торзионных весах до постоянной массы. Мелкие листья для анализов используют целиком, взвешивая их на электрических весах.

Перечисленные физиологические показатели и свойства, как правило, изучают в динамике в наиболее ответственные фазы вегетации той или иной овощной культуры.

Таковыми фазами у томата считаются начало интенсивного роста рассады после посадки, цветение первой-второй кисти и массовое плодоношение (3-4-й сбор плодов), у огурца и бахчевых культур – фаза третьего настоящего листа (фаза шатрика у бахчевых), цветение и массовое плодоношение; у капусты – отрастание листьев после приживания рассады, фаза розетки, формирование кочана; у корнеплодных культур – появление первого настоящего листа, начало формирования корнеплодов; у лука – фазы пяти и 8-11 листьев.

Интенсивность фотосинтеза в полевых условиях определяют по методам Славика и Чатского или Бабушкина, основанным на учете диоксида углерода, поглощенного листом. Однако наиболее точный прибор для определения интенсивности поглощения CO_2 из воздуха – инфракрасный газоанализатор, принцип действия которого основан на учете степени поглощения инфра-

красного излучения диоксидом углерода.

Так как рабочим органом в процессе фотосинтеза служит лист, величина урожая тесно коррелирует с площадью листьев. Сведения о ней за каждый день вегетации дают представление о возможной работе фотосинтетического аппарата, или **фотосинтетическом потенциале** за вегетационный период (в $\text{м}^2 \times \text{днях/га}$).

Сумму ежедневных показателей площади листьев в м^2 на 1 га посева определяют через каждые 7-10 дней. Полученные данные наносят на миллиметровую бумагу так, чтобы масштаб времени (ось абсцисс) соответствовал 7 или 10 дням в 1 см, а масштаб площади листьев (ось ординат) – 4 тыс. м^2 в 1 см. В этом масштабе на миллиметровую бумагу наносят точки, отражающие результаты измерения площади листьев в течение вегетационного периода, затем определяют площадь (в см^2), очерченную кривой роста площади листьев и перпендикуляром на ось абсцисс.

Фотосинтетический потенциал высокопродуктивных посевов равен 2,2-3 млн $\text{м}^2 \times \text{дней/га}$. Если известен биологический урожай такого посева, например 12 т, можно определить среднюю за вегетацию **чистую продуктивность фотосинтеза**.

Таким же образом рассчитывают фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза не за весь вегетационный период, а за отдельные характерные фазы или периоды роста и развития растений. Деля на величину фотосинтетического потенциала массу хозяйственно ценных органов, можно получить **показатель способности листьев формировать** с той или иной продуктивностью **хозяйственно ценную часть урожая**.

Учет урожая и его качества.

Учитывают массу урожая, его качество и сроки поступления продукции. Учету предшествуют осмотр всего опыта, подготовка весов, тары, дневников и полевых журналов, отбивка защитных полос, выделение учетной площади делянок, выбраковка и выключка, определение густоты насаждений и т. д.

При **осмотре опыта** определяют делянки, которые не подлежат учету и должны быть выбракованы. Делянку выбра-

ковывают, если растения на ней очень сильно изрежены от случайных причин; если она находилась в ложбине и во время ливня ее занесло илом; растения вымокли при затоплении водой; растения погибли от вредителей или болезней в отдельных очагах поражения и т. д. Если изреженность вызвал изучаемый прием (высокие дозы удобрений, гербицидов, инсектофунгицидов, чрезмерно глубокая вспашка и т. д.), деланку не выбраковывают. Вообще выбраковку следует проводить весьма осторожно: на сомнительных деланках урожай лучше учитывать, а вопрос о выбраковке решать при наличии всех данных. Осмотр опыта проводят перед уборкой урожая, а у многосборовых культур (томаты, огурцы) - перед каждым сбором.

При **отбивке защитных полос** выделяют учетную площадь деланок. В опытах с переплетающимися растениями - огурцами, бахчевыми культурами и др., а также с горохом и томатами защитные полосы отбивают перед смыканием растений, раздвигая ветви в стороны. У остальных растений - капусты, моркови, свекла, перец, лук и др. - защитные полосы отбивают перед уборкой урожая. Границы учетных деланок обозначают бороздками или колышками.

Выключки проводят при сплошном выпадении растений: в опытах с луком и морковью на расстоянии не менее 30 см в ряду; в опытах с огурцами, свеклой и бобовыми на расстоянии не менее 50 см в ряду. В опытах с капустой, томатами, баклажанами, перцами и бахчевыми выключки делают при выпадении не менее двух растений подряд. В площадь выключки включают соседние растения, которые находятся в лучших условиях благодаря большей площади питания.

Определение густоты насаждения. От этого показателя в значительной степени зависит урожай. Густоту насаждения определяют после проведения выключек. Подсчитывают число растений на фактической учетной площади деланки или на ее отдельных рядах и выражают его в процентах от расчетного числа растений, которые должны быть на данной деланке. При этом можно пользоваться формулой $\text{Густота} = (\Phi/P)100$, где Φ - фактическое число растений на учетной деланке; P - расчетное число растений, которое определяют путем деления площади учетной деланки на площадь питания одного растения.

Учет урожая проводят либо **сплошным методом** со всей делянки, либо **выборочным методом** по отдельным рядкам или в пределах рамок площадью 1 м^2 , т. е. по метровкам. Сплошной метод применяют на делянках с небольшой площадью, он наиболее точный.

При очень больших опытных делянках ($100\text{--}200 \text{ м}^2$ и более) целесообразно **учитывать урожай по рядкам или метровкам**. Рядки могут различаться по росту растений из-за разного уплотнения почвы и неравномерного высева семян и рассева удобрений отдельными сошниками, поэтому уборку лучше проводить не по рядкам, а на поперечных полосах шириной 1-2 м, в которые войдут все рядки опытной делянки. При методе метровок урожай учитывают по диагонали делянок через определенный интервал.

Уборку проводят по мере созревания продукции, пригодной для употребления. Продукцию взвешивают в день уборки, за исключением лука и чеснока, которые взвешивают после просушки. Весь опыт надо убрать за один, максимум за два дня, на второй день переносят только целые повторения, а не отдельные варианты.

Учет качества овощей. Собранную продукцию сортируют в соответствии с принятыми стандартами на стандартную, нестандартную и нетоварную, затем взвешивают. К нетоварной продукции относят овощи со следами болезней и повреждений вредителями, треснувшие головки кочанной и рассыпавшиеся головки цветной капусты, уродливые пожелтевшие огурцы, томаты с ожогами, не полностью вызревшие луковицы, стрелкующие корнеплоды, треснувшие арбузы и дыни. Число недогонов и зеленых плодов учитывают при последнем сборе овощей.

Массу товарного плода тыквы, арбуза, дыни и кочана капусты определяют путем деления всей массы урожая с делянки на число плодов (кочанов). У остальных овощей массу товарного корня, плода или луковицы определяют в пробе из 5-10 кг, взятой с делянки. Чем крупнее овощ, тем больше должна быть масса пробы. У многосборовых культур среднюю массу одного овоща определяют при каждом сборе.

Для химических анализов продукцию различных овощных культур используют в той степени зрелости, в которой ее

потребляют, а именно:

плоды томата – зрелые, при достижении окраски, присущей сорту, иногда также зеленые, используемые для консервирования;

плоды баклажана, кабачка, патиссона, огурца, продукция фасоли спаржевой и лима, гороха овощного, капусты цветной, кукурузы сахарной – в фазе технической зрелости;

плоды перца сладкого – в фазе технической и физиологической зрелости;

кочаны капусты белокочанной и корнеплоды – в период массовой уборки;

лук репчатый – после полевой просушки, зеленый лук – в фазе технической зрелости;

плоды арбуза, дыни, тыквы – в фазе физиологической зрелости;

зеленные овощи – в фазе технической зрелости до выбрасывания цветоноса.

Материал для анализа собирают в одно и то же время – обычно утром. Анализ проводят, как правило, в день взятия пробы.

При этом необходимо учитывать, что максимальная продолжительность хранения овощей от сбора до их анализа должна быть:

гороха овощного, фасоли спаржевой, фасоли лима, капусты цветной, кукурузы сахарной, зеленых овощей – не более 2 ч.;

плодов томата, перца, огурца, патиссона, кабачка и баклажана – не более 8 ч.;

моркови, капусты белокочанной, свеклы, лука – не более 16 ч.;

плодов бахчевых культур – не более 24 часов.

У культур с одноразовой уборкой урожая качество продукции определяют в период уборки, у многосборовых культур – не менее 2-3 раз.

При оценке качества овощей и плодов бахчевых культур целесообразно выполнять биохимические анализы, указанные в таблице 21.

Таблица 21. Рекомендуемый перечень анализов при химической оценке овощей

Культура	Сухое вещество	Сахар общий, моно и дисахара	Крахмал	Общая кислотность	Аскорбиновая кислота	Каротин	Клетчатка	Белковый азот	Нитраты
Арбуз	+	+	-	+	+	-	-	-	+
Баклажан	+	+	-	-	-	-	-	-	+
Боб овощной	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Горох овощной	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Дыня	+	+	-	+	+	+	-	-	+
Кабачок, патиссон	+	+	-	-	+	-	-	-	+
Капуста б/к, цветная, кольраби и другие виды	+	+	-	-	+	-	+	+	+
Кукуруза сахарная	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Картофель	+	-	+	-	-	-	-	-	+
Лук репчатый	+	+	-	-	+	-	-	+	+
Многолетние луки	+	+	-	-	+	-	+	-	+
Морковь	+	+	-	-	-	+	+	-	+
Огурец	+	+	-	-	+	-	-	-	+
Пастернак	+	+	-	-	-	-	+	-	+
Перец сладкий	+	+	-	-	+	+	+	-	+
Петрушка, сельдерей	+	+	-	-	+	-	+	-	+
Ревень	+	-	-	+	+	-	+	-	+
Салат, редис	+	-	-	-	+	-	+	-	+
Свекла	+	+	-	-	-	-	+	-	+
Спаржа	+	+	-	-	+	-	+	-	+
Томат	+	+	-	+	+	+	-	-	+
Тыква	+	+	+	-	-	+	-	-	+
Фасоль овощная	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Чеснок	+	-	-	-	+	-	+	+	+

6.5. Учеты и наблюдения в защищенном грунте

6.5.1. Учеты и наблюдения в опытах с овощными культурами

В овощеводстве защищенного грунта основной метод исследований – лабораторно-производственный (мелкоделяночный) опыт, который допускает не абсолютно полное соответствие производственным условиям, поэтому результаты мелкоделяночных опытов следует обязательно проверять в производстве. Эту модификацию называют опытом в производственной обстановке.

Для углубленного изучения того или иного вопроса с возможно более полным расчленением влияния различных факторов на растения используют лабораторный метод (физиологические, химические, физические, микробиологические, цитологические и другие исследования) и вегетационный.

При постановке опытов в сооружениях защищенного грунта исходят из общепринятых методических положений: типичности опыта, принципа единственного различия и достоверности опыта по существу.

Типичность опыта в защищенном грунте - проведение его в современных культивационных сооружениях, распространенных в зоне или идущих им на смену, в которых используют типичные для зоны тепличные грунты. Данные лабораторно-производственного опыта, проведенного в весенней пленочной теплице, нельзя распространять на зимние теплицы.

Данные учета урожая и сопутствующие наблюдения в опыте могут объективно отражать изучаемое явление только в том случае, если опыт достоверен по существу, т. е. его схема и методика построены логически правильно и соответствуют поставленным задачам, правильно выбраны объекты и условия проведения опыта.

В защищенном грунте исследования ведут в однофакторных опытах, редко в трехфакторных. Пример однофакторного опыта – изучение площади питания одного гибрида огурца, двухфакторного – изучение площади питания и формирования одного сорта томата, трехфакторного – изуче-

ние площади питания и формирования нескольких сортов какой-либо культуры.

В защищенном грунте достаточно иметь три-пять градаций изучаемого фактора. Следует правильно выбрать его основной уровень, который был бы оптимальным и обеспечил наивысший результат в опыте. После этого важно выбрать шаг варьирования так, чтобы часть вариантов обеспечила результаты, располагающиеся в лимитирующей области кривой, а другая часть – в ингибирующей. Например, составляют схему опыта по выявлению оптимальной относительной влажности воздуха в период цветения и плодоношения определенного сорта томата, выращиваемого в зимней теплице. Известно, что для культуры томата вообще оптимальная относительная влажность воздуха в этот период должна быть 60-65%. Следовательно, данный уровень можно принять как основной (центр эксперимента). Два варианта берут ниже этого уровня влажности воздуха, например 30-35% и 45-50%, и два варианта выше указанного предела (75-80% и 90-95%). Контролем может служить низкая дозировка фактора или та, которую считают оптимальной.

Более сложно составить схему двух- и трехфакторного опытов. В методике полевого опыта существует ортогональное построение схемы многофакторного опыта (включающей все возможные комбинации вариантов), которая не всегда приемлема для защищенного грунта, где часто ограничена площадь.

Более распространен в защищенном грунте синтетический метод построения схемы опыта. При этом используют метод последовательного синтеза: каждый предыдущий вариант служит контролем для следующего. Например, намечено изучить новые сорта и гибриды томата, уровень питания для них, расход воды на поливы. Схема опыта может быть такова: старый сорт, уровень минерального питания и расход воды, установленные для него; новые сорта и гибриды + тот же уровень питания и орошения; новые сорта и гибриды + повышенный уровень питания при той же норме орошения; новые сорта и гибриды + повышенные уровни питания и орошения; новые сорта и гибриды + пониженный уровень питания и повышенная норма орошения; новые сорта и гибриды + пониженные

уровни питания и орошения.

Во всех агротехнических экспериментах обязательны фенологические наблюдения, фиксация складывающегося режима фитолимата, характеристика плодородия тепличного грунта или питательного раствора (при гидропонике), учет урожая. В зависимости от задач исследования могут быть предусмотрены измерения растений, биохимическая характеристика урожая, в частности уровень накопления нитратов, оценка устойчивости сортов и гибридов к болезням и вредителям, систематический контроль за изменением физических и агрохимических характеристик тепличного грунта и др.

При проведении наблюдений и учетов в защищенном грунте, где деланки меньше, чем в открытом грунте, пробы растений следует отбирать по всем повторениям, используя случайный (рендомизированный) метод. Сроки и частоту наблюдений планируют, исходя из задачи опыта.

При исследовании динамики какого-либо процесса следует установить календарные сроки наблюдений через определенные интервалы времени. Наблюдения за фоном питания и физическими свойствами грунта в агротехнических опытах целесообразно приурочивать к определенным периодам вегетации растений, но проводить их не менее 3 раз за период. Для более полного выяснения динамики изучаемого явления наблюдения необходимо вести через возможно малые промежутки времени.

Нужно планировать равномерное расположение случайно выбранных учетных единиц по деланкам всех повторений, что дает возможность применить дисперсионный метод оценки разницы по вариантам и снизить ошибку наблюдений.

Многие опыты с рассадными культурами связаны с воздействием факторов внешней среды на молодые растения, поэтому часто возникает необходимость оценки качества рассады по биометрическим показателям, массе растений, а также по выносу основных питательных веществ. Рассаду для анализа отбирают со всех параллельных деланок случайно. Объем выборки для оценки качества рассады по биологическим показателям и массы растений зависит от ее выравненности. Выравненная рассада характеризуется коэффициентом вариации

признаков 4-8%. В этом случае достаточно брать для анализа 10 растений в 4-кратной повторности: ошибка опыта будет в пределах 5%. При менее выравненной рассаде, когда коэффициент вариации признаков достигает 16-18%, чтобы ошибка опыта не превышала указанных пределов, следует отбирать для исследования по 20 растений в 4-кратной повторности.

Обязательны измерения рассады перед посадкой при изучении сортов или способов подготовки рассады одного и того же сорта. Измеряют высоту (до точки роста), диаметр подсемядольного колена, ассимиляционную поверхность, определяют массу сырого и сухого растения.

Часто требуется знать содержание витаминов, сахаров, нитратов в товарной части урожая. Эти анализы проводят общепринятыми методами.

При изучении пораженности растений теми или иными болезнями находят процент распространения и балл поражения по соответствующим методикам.

При определении содержания питательных элементов в рассаде проба может включать 4-8 растений. Ошибка опыта при этом находится в пределах 2,21-4,02%.

Урожай собирают отдельно по делянкам по достижении овощами одинаковой степени зрелости.

Перед сбором урожая тщательно просматривают все делянки. Если в некоторых местах растения выпали, сильно повреждены или значительно отличаются по росту от растений на всей делянке, такие места исключают из учета, ограничив зону выключки доступными средствами. К выключению растений из учета надо подходить осторожно, убедившись в его необходимости и обоснованности. При этом следует выяснить, не характерно ли данное явление для всех делянок одного варианта во всех повторениях.

Если выключки занимают более 20% площади делянки, ее исключают из опыта, если менее 10% – выключку можно не делать.

При проведении сопутствующих наблюдений за складывающимся микроклиматом в агротехнических опытах фиксируют температуру и влажность воздуха.

Температуру поверхности грунта и листа измеряют мик-

ротермисторами, температуру корнеобитаемого слоя – почвенным точечным электротермометром ТЭТ-2 или ртутными термометрами Саввинова на глубине максимального развития корней. Освещенность определяют с помощью люксметра Ю-16М.

Поступающую физиологически активную радиацию (ФАР) в остекленные теплицы за любой период можно определить по следующей формуле С.Ф. Ващенко:

$$Q_{\phi} = Q_u \times C_a \times K_n,$$

где Q_{ϕ} - суммарная ФАР за тот или иной период, кал или Дж/см²; Q_u – суммарная интегральная радиация за этот же период (день, месяц) в тех же единицах (по данным ближайшей метеостанции); C_a - коэффициент перехода от интегральной радиации к ФАР, равен 0,52 (по Х. Тоомингу и Ю. Россу); K_n - коэффициент суммарной освещенности рабочей поверхности теплиц (по М.Т. Гликману) (табл. 22).

Таблица 22. Коэффициент освещенности горизонтальной поверхности равноскатных теплиц (30°) в зависимости от их ориентации и широты местности

Месяц	Широта местности, град.			
	50		55	
	Ориентация теплиц		Ориентация теплиц	
	С-Ю	З-В	С-Ю	З-В
I	0,60	0,71	0,60	0,72
II	0,63	0,70	0,60	0,72
III	0,65	0,67	0,64	0,69
IV	0,67	0,64	0,66	0,63
V	0,67	0,63	0,67	0,62
VI	0,67	0,63	0,68	0,62
VII	0,66	0,63	0,68	0,62
VIII	0,66	0,63	0,66	0,62
IX	0,66	0,65	0,64	0,64
X	0,63	0,67	0,63	0,66
XI	0,63	0,66	0,62	0,66
XII	0,60	0,64	0,56	0,63

При проведении исследований по выращиванию овощей

способом *малообъемной гидропоники* необходимо оценивать различные виды инертных субстратов отечественного и зарубежного производства, изучать технологии возделывания плодовых овощных культур (огурца, томата, перца, баклажана, дыни, арбуза), концентрации питательного раствора для различных культур, способы поддержания его стабильности, способы размещения растений, длительность использования субстрата, методы утилизации их. Размер учетной деланки для огурца, томата и дыни – 4-6 м², для перца и баклажана – 4м². Повторность должна быть не менее 4-кратной.

При разработке агротехнических приемов выращивания овощных культур на *установках NFT* необходимо учитывать неоднородность питания по длине лотка, вследствие чего наблюдается неодинаковая урожайность в разных его частях: в верхней части лотка, откуда подается раствор, она выше, чем в нижней части. Наиболее приемлема для постановки опытов средняя часть лотка. Оптимальная длина лотка – 17-20м.

В теплицах отмечается неравномерное распределение тепла, освещенности, влажности воздуха и грунта как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Это приводит к неодинаковому росту и развитию растений в различных микроразонах теплицы.

В ангарных теплицах выделяют пять зон, резко различающихся по микроклимату: центральная, западная, восточная (2 м от боковых ограждений), северная и южная (2-4 м от торцовых ограждений).

В блочных зимних теплицах с автоматическим регулированием температуры воздуха также наблюдается зональность. В этих теплицах различают три зоны: примыкающая к центральной дорожке (ширина 2-3 м), 5-6-метровая зона вдоль боковых ограждений и центральная между этими зонами. В пленочных теплицах микроклиматические зоны выделяют в зависимости от их конструкции (ангарные или блочные).

При проведении условных методических опытов (посадка одного сорта одной культуры на выравненном фоне почвогрунта и удобрений, подробный учет урожая по мелким деланкам) установлено, что урожайность на равноценных по площади деланках в разных микроразонах сильно различается. Дей-

ствие этого закономерного фактора надо учитывать при планировании и проведении эксперимента. Общая изменчивость урожая томата и огурца в теплицах характеризуется коэффициентом вариации 12-17%.

Правильное расположение вариантов по делянкам опыта – одно из условий повышения качества научной информации. При этом предпочтительнее рендомизированный способ расположения вариантов в повторении. При рендомизации вариантов в повторениях дисперсии вариантов и остатка, как правило, близки между собой, при систематическом же расположении вариантов дисперсия вариантов значительно отличается от дисперсии остатка.

Оптимальным числом вариантов при постановке опытов в теплицах будет 4-8. При 10-12 вариантах точность опыта может быть повышена за счет возможно малого размера делянки. Уменьшение числа вариантов до двух-трех нежелательно, так как это снижает надежность сравнения вследствие резкого возрастания значения критерия существенности и величины $НСР_{05}$.

Наиболее действенное средство повышения точности опыта – увеличение повторности. В защищенном грунте при размещении опыта принят метод организованных повторений, при котором в каждом повторении присутствует по одной делянке каждого варианта. Любое повторение размещается на площади с однородными микроклиматическими условиями.

Исследования показали, что в защищенном грунте достаточную точность опыта можно получить при четырех повторностях и определенном размере делянки. В таблице 23 представлены рекомендованные размеры делянок для различных культур.

Таблица 23. Ориентировочный размер делянки в лабораторно-производственных опытах (при четырех повторениях)

Культура	Размер делянки, м ²	
	пленочные укрытия	теплицы
Изучение приемов агротехники		
Огурец, дыня	5-10	7-8**
Томат	10	8-10**
Перец, баклажан	5	4-5
Салат, укроп, петрушка и другие мелкие растения	3-4	2-3
Салат кочанный	4	3-4
Капуста цветная, фасоль	5	4-5
Рассада овощных культур	3-4	2-3
Сортоизучение		
Огурец, дыня	5	5
Томат	5	5
Перец, баклажан	4	3
Мелкие растения	3	2
Салат кочанный	3	3
Капуста цветная	4	4
** В гидропонных теплицах 4-6 м ² .		

При меньшем размере делянок (по сравнению с указанным в таблице) следует увеличивать число повторений до пяти-шести.

Повторения располагают двумя способами: ленточным и многорядным. Ленточный способ применяют в теплицах ангарного типа и при использовании малогабаритных пленочных укрытий. В блочных теплицах можно применять оба способа. Резко различающиеся по микроклимату зоны отводят под защитные полосы, что снижает ошибку опыта.

Ширина защитных полос зависит от конструкции теплицы, системы обогрева и площади, необходимой для опыта. В теплицах с калориферным обогревом защитная от калорифе-

ров зона достигает 10 м, в ангарных теплицах – 2 м, в блочных теплицах – 3-5 м от боковых ограждений. Крайние секции в блочных теплицах и крайние ряды под пленочными укрытиями не занимают под опыты.

Главный показатель опыта – урожай. Его учитывают, когда культура достигнет технической зрелости: огурец – в фазе зеленца; томат – в фазе бурой или розовой зрелости; лук – при длине листа не менее 20-25 см; листовой салат – в период образования ложной листовой розетки, но до начала образования цветоноса; кочанный салат – при размере кочана, характерном для данного сорта, но до выбрасывания цветоноса; редис – при диаметре корнеплодов 2,0-2,5 см для круглых сортов.

Исключение из учета выпавших растений без замены их запасными может привести к завышению урожая делянки, так как оставшиеся растения получают больше света, влаги, питательных элементов. Поправочный урожай вычисляют по следующей формуле:

$$y_{\text{нор}} = \frac{y_{\text{факт}} + (y_1 \times n)}{2},$$

где $y_{\text{факт}}$ – фактический урожай с делянки, кг/м²; y_1 – фактический урожай одного растения, кг/м²; n – полное число растений, которое должно быть на делянке.

Учет урожая и его качества. Урожай длинноплодного огурца собирают два раза в неделю, короткоплодного – три раза. Сбор и учет урожая следует заканчивать в первой половине дня, пока плоды не нагрелись. Срезают плоды ножом.

Плоды томата собирают с интервалом 2-3 дня без плодоножек при средней массе плодов 60-100 г. У салата кочанного срезают кочаны выше листьев, примыкающих к грунту. Редис убирают выборочно в один-два приема, связывая растения в пучки.

Для биохимических анализов рекомендуется брать ориентировочно 20 плодов томата, 30 – огурца, 10 растений лука-порей, 10 головок цветной и китайской капусты, 500 г листового салата.

Убранная продукция должна соответствовать стандартам.

Огурцы. Плоды должны быть свежими, целыми, без поражений болезнями и повреждений вредителями, без механиче-

ских травм, без плодоножки или с плодоножкой (длина плодоножки до 1 см), с типичной для ботанического сорта формой и зеленой окраской различных оттенков. Мякоть плода плотная, с недоразвитыми, водянистыми и некожистыми семенами. Длина и диаметр тепличных сортов стандартом не установлены.

Томаты. Плоды должны быть свежими, целыми, чистыми, не перезревшими, не уродливыми, без повреждения болезнями и вредителями, без механических травм и солнечных ожогов, с плодоножкой или без нее. Размер стандартных плодов (по наибольшему поперечному диаметру) должен быть не менее 4 см, плодов меньшего размера (нестандарт) – не более 5% массы.

Цветная капуста. Головки плотные, белые или слегка кремовые, свежие, чистые, без следов заболеваний, целые, с бугорчатой поверхностью, без проросших внутренних листочков, без постороннего запаха, без повреждений вредителями, без механических травм, с двумя рядами кроющих подрезанных листьев (листья должны быть на 2-3 см выше головки), длина кочерыги – не более 2 см, считая от нижнего листа.

Перец сладкий. Плоды должны быть свежими, чистыми, здоровыми, по форме и окраске соответствовать данному ботаническому сорту, с плодоножкой. Размер плодов у сортов с удлинённой формой плода (учитывается длина без плодоножки) должна быть не менее 6 см, у сортов с округлой формой плода (учитывается наибольший поперечный диаметр) – не менее 4 см. Вкус сладкий, с легкой остротой.

Арбузы. Плоды зрелые, свежие, целые, здоровые, не загрязненные, имеют форму, окраску и блеск коры, свойственные зрелым плодам данного ботанического сорта. Допускаются отклонения от правильной формы, но не должно быть плодов уродливых, с зарубцевавшимися (опробковевшими) повреждениями коры. Мякоть зрелая, но не перезревшая, сочная, без пустот, с окраской и семенами, свойственными данному ботаническому сорту. Наибольший поперечный диаметр плодов должна быть не менее 15 см, для раннеспелых сортов - 12 см.

Дыни. Плоды должны быть свежими, зрелыми, целыми, здоровыми, не загрязненными, без следов заболеваний, с окраской коры и формой плодов, свойственными данному ботаниче-

скому сорту, ранние или среднеспелые сорта с плодоножкой или без нее, осенне-зимние - с плодоножкой. Допускаются отклонения от правильной формы, но не должно быть плодов уродливых, с зарубцевавшимися (опробковевшими) повреждениями коры. Кора и мякоть плодов ранних и среднеспелых сортов допускаются различной окраски, толщины, плотности, сочности и нежности, свойственными данному ботаническому сорту, семенное гнездо – со зрелыми, легко отделяющимися семенами. У плодов позднеспелых сортов кора и мякоть должны быть плотные, семенное гнездо с недозрелыми, крепко сидящими в мякоти семенами. Наибольший поперечный диаметр плодов у раннеспелых и мелкоплодных сортов, а также у сортов с цилиндрическими и веретеновидными плодами – не менее 10 см; у среднеспелых и позднеспелых сортов, а также у сортов с округлыми и овальными плодами – не менее 15 см.

Густоту насаждений рассчитывают делением фактического числа растений на теоретическое и выражают в процентах.

Сопутствующие учеты и наблюдения планируют в основном в зависимости от темы исследований. Ниже приводится ориентировочный перечень учетов и наблюдений.

Фенологические наблюдения, статистическую и экономическую оценку агроприемов проводят со всеми культурами в защищенном грунте.

В опытах с удобрениями определяют содержание в грунте форм азота, фосфора, калия, степень биологической активности грунта, его влажность, содержание N , P_2O_5 и K_2O в различных органах растений по периодам вегетации, концентрацию в продукции сухих веществ, сахаров, витаминов, свободных нитратов.

В опытах с орошением изучают динамику влажности грунта, густоту насаждений, прирост надземной массы и корней, характер распространения корней, водный режим растений, динамику поступления и химический состав продукции, вкусовые качества. Учитывают объем поливной воды, расход воды в единицу времени, наличие вредителей и болезней. Проводят физиолого-биохимические исследования.

В исследованиях, проводимых с целью расширения ассортимента и сроков поступления продукции, изучают физические

и химические свойства грунта, микроклимат (детально), динамику температуры и влажности грунта, лабораторную и полевую всхожесть, энергию прорастания семян, густоту посевов, приживаемость рассады, рост растений в динамике, качество продукции, содержание витаминов, затраты труда и средств на исследования.

В физиологических опытах исследуют ростовые процессы, поступление, распределение и использование элементов минерального питания, скорость роста, поглотительную активность корней, фотосинтез и т. д.

6.5.2. Учеты и наблюдения в грибоводстве

Основная культура в грибоводстве – шампиньон, производство которого осуществляется в специальных культивационных сооружениях по интенсивной безотходной технологии, независимо от системы и способов выращивания включающей следующие тесно взаимосвязанные элементы: *приготовление субстрата, заготовка покровного материала, выращивание посадочного материала (мицелия) и непосредственно культура шампиньона.*

Мицелий выращивают в специальных микологических лабораториях, поэтому процесс выделяют в самостоятельное производство. Приготовление субстрата, покровного материала и выращивание грибов осуществляют в цехах комплекса.

Весь объем исследований по грибоводству можно разделить на несколько групп:

агротехнические исследования – разработка и совершенствование элементов технологии: подбор исходных материалов, разработка рецептов технологий приготовления субстрата и покровного материала, подбор и исследование органических азотсодержащих материалов для внесения в субстрат в качестве подкормок, разработка норм и режимов полива, защита культуры от вредителей и болезней;

изучение и испытание штаммов шампиньона по комплексу хозяйственно ценных признаков с целью повышения урожайности и интенсификации производства;

агроэкономические исследования – сравнительное изу-

чение и оценка отдельных элементов технологии (способов и систем выращивания), разработка и обоснование систем вентиляции и кондиционирования; экономические исследования – изучение и разработка форм организации и оплаты труда, экономической эффективности систем и способов выращивания, различных видов культивационных сооружений, определение оптимальных и минимальных экономически оправданных размеров шампиньонных комплексов, рассмотрение вопросов межхозяйственной кооперации при выращивании шампиньона;

агрохимические и биохимические исследования – изучение возможности повторного использования отработанного субстрата в грибоводстве, влияния состава субстрата на характеристику плодовых тел, установление оптимального химического состава субстрата и покровного материала;

инженерные исследования – разработка и техническая оценка конструкций культивационных сооружений, элементов системы кондиционирования, обогрева и вентиляции цехов, машин и технологического оборудования, автоматизации производственных процессов.

Основной метод исследований в грибоводстве – модификация дабораторно-полевого опыта, а именно лабораторно-производственный мелкоделяночный опыт, с помощью которого получают характеристику эффективности изучаемого фактора.

При агроэкономической оценке культивационных сооружений, машин, технических систем и их элементов исследования проводят с одним экземпляром оборудования при неоднократном снятии технических характеристик. Агроэкономической оценке систем и их разработке должны предшествовать лабораторно-производственные мелкоделяночные опыты в целях получения необходимых для этого исходных количественных данных.

Кроме указанных основных методов исследований, в грибоводстве применяют лабораторный и вегетационный методы.

Лабораторный метод при агрохимических, биохимических, микробиологических, микологических и цитологических

исследованиях является основным. Его также используют в агротехнических исследованиях. Лабораторные опыты выполняют в специально оборудованных лабораториях. При изучении исходных форм шампиньона в стадии мицелия при селекционном процессе и цикла развития вредителей и болезней культуры лабораторный метод предшествует лабораторно-производственным опытам.

Важное место в грибоводстве занимает **вегетационный метод**. Он заключается в выращивании культуры шампиньона в вегетационных сосудах или в специальных ящиках (контейнерах) с субстратом массой до 10 кг. Этот метод широко применяют в селекционной работе для предварительной оценки форм шампиньона, при изучении физиологических и биохимических процессов в субстрате и в грибах, исследовании метаболизма с целью получения исходных данных для разработки системы кондиционирования камеры выращивания. В грибоводстве этот метод имеет самостоятельное значение, так как ящичный (контейнерный) способ используют при промышленной культуре шампиньона.

Исследования с грибами обычно проводят в таких культивационных сооружениях, которые наиболее распространены или намечены к внедрению в производство. Использование данных для однотипных сооружений в грибоводстве не зависит от зоны.

В грибоводстве проводят в основном однофакторные краткосрочные опыты, но в некоторых случаях, например при исследовании микроклимата, возможна постановка трехфакторного опыта (изучение температуры, влажности и газового состава воздуха). Долгосрочные опыты невозможны в связи с полной сменой грунта после каждого оборота культуры. В схемы опытов обычно включают 3-5 градаций изучаемого фактора.

В агротехнических опытах обязательны фенологические наблюдения, фиксация складывающихся параметров микроклимата, характеристика разрастания мицелия в субстрате, учет появления вредителей и болезней, учет урожая.

Сроки и частоту наблюдений планируют в соответствии с задачами исследований и возможностями.

Для агрохимических анализов субстрата после ферментации пробы необходимо брать в 6-10 местах бурта с глубины не менее 20-30 см. Пробы субстрата с опытных делянок отбирают из разных мест по ярусам – по вариантам. Пробы перемешивают, высушивают, затем составляют среднюю пробу для анализов.

При анализах покровного материала результаты варьируют в меньшей степени, так как исходные компоненты в период его приготовления тщательно перемешивают.

Особенности проведения лабораторно-производственных мелкоделяночных опытов.

Культивационное помещение для выращивания шампиньонов (камера выращивания) в современной шампиньоннице располагает оборудованием для создания и регулирования параметров микроклимата, обеспечивающим практически одинаковые условия в объеме помещения. Как правило, наиболее значительно отличается температура на верхнем ярусе стеллажей (до 3°C), поэтому его используют в качестве защитной зоны. На других ярусах защитные зоны желательно иметь в их торцовых частях.

Подготовка помещения сводится к его дезинфекции высокой температурой (пропаривание) или химическим способом.

Площадь учетной делянки может варьировать от 0,5 до 1,5 м², при этом число повторностей каждого варианта не должно быть менее четырех. Ошибка опыта при увеличении размера делянки снижается очень незначительно, а напряженность работ на опытных делянках сильно возрастает, особенно при учете урожая, так как сбор грибов проводят практически ежедневно в течение 5-6 недель. В связи с этим в опытах с культурой шампиньона число вариантов ограничивается пятью-шестью.

Уход за культурой и виды наблюдений.

Уход за культурой при проведении опытов не отличается от принятого в производстве.

Все виды учетов и наблюдений за период ведения культуры можно разделить на две группы.

1. *Учеты и наблюдения за культурой, к которым относят*

наблюдения за приживаемостью мицелия после посева, интенсивностью роста мицелия в субстрате, началом плодообразования, началом и продолжительностью плодоношения, динамикой поступления урожая по волнам плодоношения, появлением вредителей и болезней, а также биохимические и физиологические исследования качества субстрата и покровного материала, качества продукции плодовых тел гриба, обмена субстрата с культурой гриба (метаболизм).

2. *Учет параметров микроклимата* по периодам цикла ведения культуры, определение величины воздухообмена в камере выращивания.

Урожай убирают и учитывают со всей площади каждой деланки, затем пересчитывают на единицу площади и на единицу (массы или объема) субстрата.

Фенологические наблюдения, характеризующие рост и развитие культуры шампиньона, включают фиксацию наступления и продолжительности периодов цикла выращивания культуры. Отмечают характер приживаемости мицелия после посева, начало и продолжительность периода разрастания мицелия в субстрате, затем и в покровном материале, начало периода плодообразования, начало и динамику плодоношения.

Биометрические исследования в основном проводят при селекционной оценке форм путем отбора проб по 10-20 плодовых тел.

Биохимическую оценку плодовых тел дают по общепринятым методикам. Для анализов рекомендуется отбирать 10-15 плодовых тел.

Учет параметров микроклимата помещения осуществляют по периодам цикла выращивания культуры с помощью самопишущих приборов, поскольку температура и влажность воздуха относятся к быстроменяющимся величинам. Температура субстрата – медленно меняющаяся величина, ее измеряют с помощью почвенных срочных термометров. Величину воздухообмена определяют по положению датчика вентилятора на панели шкафа системы автоматического регулирования микроклимата и данным наладки системы вентиляции.

Направление потоков воздуха над грядками определяют с помощью бифлюгера, скорость потока – кататермометрами

или электрическими термоанемометрами типа ЭА-2М, ТА и ПТА-68, производительность системы кондиционирования, равномерность распределения потока воздуха по длине раздаточного воздуховода – чашечным анемометром МС-13 или крыльчатым АСО-3, газовый состав воздуха – химическими методами или универсальным газоанализатором УГ-2.

При расчете водного и теплового баланса помещения важное значение имеет измерение потерь влаги в результате испарения. Расход ее слоем покровного материала можно определять путем фиксации потерь воды испарением с открытой водной поверхности.

6.6. Учеты и наблюдения в виноградарстве

В виноградарстве наиболее распространены трехлетние опыты, в которых изучают длину обрезки побегов, нагрузку на куст, действие физиологически активных веществ и т. п. Реже проводят 5-8-летние опыты с различными схемами посадки, конструкцией шпалер, удобрением, орошением, способами обработки почвы, формирования кустов, защиты их от вредителей и болезней.

В длительных многофакторных опытах (15-20 лет) сравнивают привитую и корнесобственную культуры винограда с укрытием кустов от морозов и без него.

Учет показателей и наблюдений.

В любом агротехническом опыте обязательные показатели эффективности вариантов – урожай винограда и его качество.

В первую очередь изучают показатели, тесно связанные с урожаем и его качеством.

С.Н. Макаров на основании своего опыта советует изучать силу роста куста, нагрузку глазками и побегами, массу гроздей, урожай, коэффициент плодоношения, поражение болезнями и повреждение вредителями, устойчивость к морозам и засухе, а также проводить фенологические наблюдения.

В Методическом руководстве, изданном в 1978 г. в Новочеркасске и утвержденном ВАСХНИЛ, рекомендуется определять:

степень и характер повреждения глазков однолетних по-

бегов, а также многолетних частей куста и его корней;

число глазков после обрезки, а также число всех развившихся побегов, плодоносящих и бесплодных; число соцветий и гроздей;

коэффициент плодоношения – число соцветий на один развившийся побег;

число соцветий на один плодоносный побег;

нагрузку глазками, побегами (отдельно плодоносными) на куст и на 1 га;

массу урожая с 1 куста и 1 га;

качество урожая – среднюю массу грозди, сахаристость, кислотность;

структуру надземной части куста – число штамбов и рукавов, их возраст; число плодовых лоз и сучков замещения, их длину и диаметр; объем многолетней древесины;

длину, диаметр и степень вызревания побегов, объем и массу всего однолетнего прироста, в том числе вызревшего;

площадь листьев и продуктивность фотосинтеза; фотосинтетически активную радиацию поверхности листьев;

запасы и использование почвенной влаги;

рост и развитие корневой системы.

Рекомендуется также делать дегустационную оценку столовых сортов винограда, товароведческую оценку винограда в зависимости от сорта, агротехники и условий хранения, анализ экономической эффективности вариантов.

Метеорологические наблюдения.

Учет погоды обязателен во всех агротехнических опытах. При этом учитывают:

температуру и влажность воздуха как у поверхности почвы, так и в более высоких слоях;

вид и количество атмосферных осадков и характер их выпадения (равномерно или ливнем);

температурный режим почвы в горизонтах основной массы корней;

весенние заморозки, которые задерживают развитие кустов; периоды засухи, снижающие зимостойкость растений;

изменение гидротермических коэффициентов, при которых замедляется вызревание побегов, а также наблюдается вспышка

болезней винограда;

минимальную и максимальную температуры воздуха, их длительность, критические температуры, резкие колебания температур.

Детальное изучение условий погоды обязательно в опытах, где изучают продвижение неукрывной культуры винограда в новые районы.

Фенологические наблюдения.

Наблюдения проводят на одних и тех же рядах и кустах в период всего исследования во все фазы – от сокодвижения до листопада. Для совокупности меньше 1000 растений достаточна выборка из 10 кустов.

Фенологические исследования во всех вариантах опыта следует проводить за один день, т. е. исследуют не более 1000 кустов. Для определения начала фазы можно использовать косвенные признаки. Например, сокодвижение начинается при температуре почвы 8°C на глубине основной массы корней, распускание почек – при среднесуточной температуре воздуха 10°C, цветение – через 8-10 дней после цветения шиповника.

Начало сокодвижения («плач») отмечают датой, когда у 5% кустов ряда на поперечном срезе лозы выступают капельки сока.

Начало распускания глазков – датой, когда на плодовых стрелках куста распустятся два-три первых глазка, т. е. покажутся кончики молодых листочков.

Начало цветения фиксируют датой, когда опадают колпачки из нескольких цветков на двух-трех соцветиях, расположенных на плодовых звеньях рукавов двух-трех кустов ряда.

Начало созревания ягод отмечают датой, когда у 5% кустов ряда семена становятся коричневыми и ягоды размягчаются, а у белых сортов винограда ягоды становятся прозрачными.

Фазу полной зрелости ягод фиксируют датой, когда указанные выше признаки наступают у 95% кустов, выделенных для наблюдений.

Окончанием роста побегов считается дата, когда на верхних молодых листочках исчезает характерный блеск, а искривленная верхушка побега выравнивается.

Началом вызревания побегов – дата, когда на двух-трех ку-

стах у двух-трех побегов на нижних междоузлиях появляется сухая корка желтого или коричневого цвета.

Начало листопада, массовый листопад и конец листопада отмечают датами, когда у кустов, выделенных для наблюдений, опадает соответственно 5%, 50% и 95% листьев.

Агробιοлогические учеты.

Перед учетом урожая делянки осматривают, чтобы определить кусты, не подлежащие учету, и исключить их из учета. Выключки обязательны при 10% и более не подлежащих учету кустов.

После проведения выключек определяют число учетных кустов на делянках опыта. При 40% и более выключенных кустов выбраковывают всю делянку.

Учет урожая.

Метод покустного учета урожая. Преимущества этого метода:

- 1) можно дать характеристику не только опытной делянки в целом, но и каждого куста делянки в отдельности;
- 2) выключки нетипичных кустов проводятся более обоснованно;
- 3) правильнее подбираются учетные кусты для опыта;
- 4) можно учесть влияние агроприема на кусты разной силы роста.

Покустный учет требует дополнительных учетов и затрат труда, поэтому не следует выделять на делянке более 15 учетных кустов. Они должны быть наиболее типичными для каждой делянки опыта. Подобранные кусты обозначают этикетками и используют для учетов во все последующие годы.

В полевых опытах, где на делянке имеется 50 кустов и более, и в производственных опытах урожай учитывают со всех кустов опытных делянок (поделяночно) или с отдельных рядов очень больших делянок.

Метод сплошного учета урожая с делянки. В лабораторно-полевых опытах, а также в полевых опытах с небольшим размером делянок виноград собирают со всех учетных кустов, взвешивают его на месте сбора на точно отрегулированных весах и увозят. После уборки урожая с учетных кустов убирают урожай с защиток.

Метод суммарного учета урожая с учетных кустов. Это учет урожая только с тех кустов, которые подобраны по типичному числу глазков, полноценных побегов и гроздей. При этом учитывают суммарный урожай со всех учетных кустов. Метод более эффективен в мелкоделяночных опытах, а на больших делянках лучше применять метод сплошного учета со всей делянки.

Учет биологического урожая. Учетный урожай может отличаться от истинного, биологического, так как до полного созревания он может быть поврежден градом, птицами, осами, болезнями, вредителями, ранними заморозками и т. д. Поэтому проводят учет биологического урожая на каждой делянке опыта после окончания завязывания ягод, для чего подсчитывают число гроздей на всех учетных кустах и рассчитывают среднее число гроздей на куст. После этого в период уборки урожая с кустов каждого варианта взвешивают 500 гроздей, взятых подряд, но только целых, не поврежденных вредителями и болезнями. Массу этих гроздей делят на 500 и определяют среднюю массу одной грозди. Умножая массу грозди на среднее число гроздей на одном кусте, получают массу биологического урожая с одного куста по каждой повторности опыта. Затем пересчитывают ее на 1 га.

Определение качества винограда. Качество столовых сортов винограда характеризуют показателями: товарные качества, масса грозди, масса ягоды, плотность грозди, консистенция мякоти, вкус, лежкость, химический состав, технологические свойства.

Товарные сорта. Столовые сорта винограда учитывают по товарным сортам в соответствии со стандартами, сортируя виноград каждой делянки на первый, второй сорта и нестандарт, а затем взвешивают каждую из трех категорий.

Масса грозди. На каждой опытной делянке с учетных кустов берут подряд без выбора в одинаковом соотношении грозди с северной, восточной, южной и западной сторон куста; затененные и освещенные; сильно-, средне- и слабоокрашенные; рыхлые и плотные; с различной высоты куста. Берут всего 200 гроздей и затем взвешивают их. Разделив полученную массу на 200, получают массу одной грозди. Среди этих 200 гроздей вы-

бирают и взвешивают самую крупную, определяя максимальную массу одной грозди.

Средняя масса ягоды. Из 200 ранее отобранных гроздей берут 50, из различных частей этих гроздей равномерно выстригают 500 ягод, взвешивают их и делят полученное значение на число ягод.

Определение химического состава ягод. На каждой делянке опыта в первой половине дня отбирают образцы ягод с 10 кустов. Для этого на каждом кусте намечают четыре типичные грозди, по две с каждой стороны ряда. С каждой грозди выстригают ножницами шесть ягод с внутренней и внешней сторон грозди, по две сверху, с середины и снизу, всех размеров и всех степеней зрелости, характерных для данной грозди. Ягоды, взятые со всей делянки, во второй половине дня перерабатывают.

Для изучения *динамики содержания сахаров и кислот* образцы начинают отбирать, когда содержание сахара достигает 5-8%. Повторный отбор проводят через 7-10 дней, по мере приближения к уборке интервал между отборами сокращают сначала до 4-5, а затем до 2-3 дней.

Из каждого образца отжимают сок на шнековой соковыжималке. В соке определяют содержание сахаров; яблочной и винной кислот; красящих веществ и т. д.

Другие учеты.

Перезимовку кустов учитывают на глазках и на однолетних и многолетних лозах после того, как кусты откроют, а на неукрывных виноградниках – перед обрезкой разными методами.

Метод среза почек. С учетных кустов опытной делянки срезают 25-30 лоз. Начиная с нижней почки, делают бритвой продольный разрез почек и визуально определяют их состояние. Зеленый цвет означает, что почка здоровая (+), коричневый – погибла (-). Гибель центральной почки при сохранности хотя бы одной запасной обозначают точкой (.). Результаты учетов выражают в процентах от общего количества учтенных глазков. Определение поврежденной части лозы позволяет уточнить длину обрезки и нагрузку кустов.

Метод проращивания глазков. Из отобранных с каждой делянки 25-30 лоз нарезают трехглазковые черенки. В отдельные пучки связывают все нижние черенки, затем – вверх по

длине лоз все последующие. На пучки навешивают этикетки с порядковым номером от основания лозы вверх. Каждый пучок погружают нижними концами на 1 см в воду и проращивают при комнатной температуре на свету. Через 10-12 дней хорошо сохранившиеся центральные почки дружно распускаются, их побеги прорастают наклонно к плодовой стрелке. Если в глазках повреждены центральные почки, но сохранились замещающие, распускание идет недружно, с запозданием. Побеги, прорастающие из замещающих почек, всегда расположены перпендикулярно к плодовой стрелке. Погибшие почки вообще не прорастают. Результаты учета также выражают в процентах от общего количества учтенных глазков.

Учет повреждения лозы. У срезанных лоз снимают кору и обнажают луб. У здоровых лоз луб зеленый, а древесина зеленоватая или белая. Коричневый цвет лозы свидетельствует о подмерзании тканей. Делают поперечные срезы лозы и результаты учетов выражают в баллах:

- 0 – лоза без повреждений;
- 1 – единичные и очень редкие поврежденные участки;
- 2 – поврежден только луб не более чем на 10% поверхности лоз;
- 3 – повреждены луб и нередко верхние слои древесины, поврежденные участки составляют до 25% поверхности лоз;
- 4 – нередко кольцевое повреждение более 25% поверхности лоз;
- 5 – сильное сплошное кольцевое повреждение, часто с усыханием лоз.

Учет повреждения корней. На расстоянии 20-30 см от штамба копают траншею на глубину посадки винограда; если на глубине 0-20 см повреждений нет, раскопки прекращают. На стенках траншеи поперечные срезы корней группируют по диаметру: менее 1 мм, 1-3, 3-5, 5-10 и более 10 мм. Состояние корней выражают в баллах:

- 0 – корни не повреждены;
- 1 – слабая желтая или коричневая окраска отдельных участков луба;
- 2 – луб коричневый более чем на половине поверхности корней, камбий и древесина не повреждены;

3 – почти полностью поврежден луб, а камбий и древесина - на отдельных участках;

4 – полностью повреждены весь луб, около 80% камбия и поверхностные слои древесины;

5 – корни полностью погибли или остались части живых корней.

Определение плодородности зимующих глазков проводят следующими методами (показатель необходим для расчета нагрузки куста гроздьями, а также для определения оптимальной длины плодовых стрелок).

Метод подсчета соцветий после проращивания глазков. После вызревания лозы на каждой опытной делянке равномерно отбирают 25 полноценных и вызревших лоз, из которых нарезают и проращивают трехглазковые черенки (как при учете повреждения глазков). Чтобы глазки быстрее проросли, черенки выдерживают в камерах при $-5 - -10^{\circ}\text{C}$ в течение 10-15 сут. Затем на протяжении двух месяцев регистрируют число соцветий по каждому глазку.

Экспресс-метод (микроскопирование) позволяет получать информацию гораздо быстрее. Срезанные лозы ставят на два-три дня в воду для насыщения глазков, затем нарезают одноглазковые черенки и раскладывают их в порядке от основания побега к верхушке. Глазок разрезают строго по оси, перпендикулярно к подушечке, и рассматривают при увеличении 40-50 раз. С каждого глазка делают два-три среза толщиной 0,5 мм, которые рассматривают с двух сторон. Зачаток цветка имеет вид пузырчатого полупрозрачного образования шаровидной или продолговатой формы. Регистрацию ведут снизу вверх, обозначая отсутствие соцветий, 1 или 2 соцветия знаком (0), погибшую почку знаком (х).

Учет развития и плодоношения кустов проводят по каждому учетному кусту, обозначенному этикеткой. В лабораторно-полевых опытах для учета берут все учетные кусты на опытных делянках, а в полевых опытах, где делянки очень большие, берут в каждом пятом, десятом и т. д. ряду каждый десятый, двадцатый и т. д. куст. На эти кусты вешают этикетки.

Учеты проводят перед обломкой лишних побегов, которые удаляют в процессе учета. Результаты учета по лозам разного

возраста записывают отдельно, пользуясь следующими знаками: (-) - глазок не развился; 0 - бесплодный побег; 1 – плодоносный побег с одним соцветием (гроздью); 2 – плодоносный побег с двумя соцветиями (гроздьями); 3 – плодоносный побег с тремя соцветиями (гроздьями); 1/1, 1/0 и т. д. – побеги-двойники (в числителе побег из центральной почки, в знаменателе – из замещающей); х – побег развился, но удаляется при обломке.

Коэффициент плодоношения определяют путем деления числа соцветий или гроздей на общее число развившихся побегов. Для определения *коэффициента плодоносности* число соцветий или гроздей делят только на число всех плодоносных побегов. Коэффициент плодоношения зависит от агротехнических приемов, коэффициент плодоносности в основном определяется лишь особенностями сорта.

Определение силы роста и степени вызревания лозы.

Прирост лозы выражают в единицах длины (см), объема (см³), массы (г). Учет проводят осенью в конце роста. На каждой делянке намечают 10-15 учетных кустов и на них рулеткой измеряют длину всех побегов. Сначала учитывают длину вызревшей части побегов и записывают показания в числитель, а затем общую длину побега и записывают ее в знаменатель. Степень вызревания вычисляют в процентах от общей длины побега.

Для выражения прироста в единицах объема определяют штангенциркулем диаметр побега внизу, посередине и вверху. Из трех измерений рассчитывают среднее значение диаметра, которое используют для вычисления объема лозы по следующей формуле:

$$O = \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sum l,$$

где О – объем, см³; d – диаметр, см; $\sum l$ – суммарная длина всех побегов, см.

Динамику роста побегов учитывают с интервалами 5 или 10 дней. Для этого на делянке выделяют 5 типичных кустов, на которых подбирают 10 модельных побегов, когда они достигнут длины 25 см, и метят их яркими бирками. Побеги должны быть однотипные.

Весовой метод учета прироста лозы используют в основном для неукрывной культуры. На делянке каждой повторности

подбирают 10 учетных кустов, обрезают их в соответствии с правилами агротехники, срезанную лозу взвешивают. Затем из этой лозы нарезают 50-100 черенков, которые по длине соответствуют оставшимся на кустах стрелкам. Черенки взвешивают и подсчитывают число глазков. Путем деления полученной массы на число всех глазков определяют среднюю массу лозы на один глазок. Умножив среднюю массу на число оставленных на кусте глазков, получают массу оставленной после обрезки лозы, которую суммируют с массой обрезанной лозы. Получают данные о массе прироста лозы. Одновременно на делянке отбирают среднюю пробу массой 0,5 кг для определения влажности лозы. Высушивают пробу при температуре 60°C в течение 3 суток, а затем рассчитывают сухую массу выросшей лозы.

Комплексный метод изучения корневой системы. Посредине междурядья копают траншею, на обеих стенках которой учитывают корни по методу «среза» и наносят в масштабе на миллиметровую бумагу.

Затем в секторе 0,25-0,5 круга методом «послойной раскопки» через каждые 20 см до глубины 160 см и через каждые 20 см от куста в сторону междурядья тщательно выбирают корни по зонам и секторам. Корни отмывают от почвы, делят по толщине на фракции, измеряют длину и взвешивают. Для пересчета на сухую массу определяют влажность корней.

Объем корней устанавливают методом гидростатического взвешивания. Площадь поверхности (S , см²) определяют по формуле Б.А. Музыченко

$$S = 3,55 \times \sqrt{\frac{M \times l}{m}},$$

где 3,55 – постоянное число; M – масса корней, г; l – длина корней, см; m – масса корней длиной 1 см, г.

Определение листовой поверхности. В виноградарстве для определения площади поверхности листьев используют методы:

- 1) ампелографический (по Мельнику и Щегловской);
- 2) удельной облиственности (по Лазаревскому и Гунашеву);
- 3) корреляционный (по уравнению регрессии).

Последний метод представляет особый интерес, так как в

нем используется корреляционная зависимость между площадью поверхности листьев винограда и линейными параметрами листа. Известно, что у винограда наиболее тесная, прямая и прямолинейная связь наблюдается между шириной листа и его площадью. Во многих исследованиях коэффициент корреляции для сортов винограда Фетяска, Алиготе, Пино фран, Ркацители и Каберне колебался от +0,991 до +0,997, т. е. приближался к функциональной зависимости. Известно, что при таких связях можно пользоваться уравнением прямой линии регрессии

$$Y = \bar{y} + R_{yx}(X - \bar{x}),$$

где Y – искомая площадь листа; \bar{y} – средняя площадь листа, измеренная планиметром у 50 листьев; R_{yx} – коэффициент регрессии, показывающий характер и степень изменения площади листа на единицу измерения ширины листа винограда; X – средняя ширина листьев, площадь которых необходимо определить; \bar{x} – средняя ширина листа для 50 листьев.

Подставляя в приведенную формулу значения \bar{y} и \bar{x} , полученные эмпирически для пяти сортов винограда, и несколько преобразуя формулу до вида $Y = (R_{yx} \times X) + a$, где $a = \bar{y} - (R_{yx} \times \bar{x})$, были получены следующие уравнения линейной регрессии (по Моисейченко и др., 1994):

$$\text{Фетяска } Y_1 = (6,8 \times X_1) - 16,04;$$

$$\text{Алиготе } Y_2 = (17,3 \times X_2) - 92,34;$$

$$\text{Пино фран } Y_3 = (15,69 \times X_3) - 77,33;$$

$$\text{Ркацители } Y_4 = (11,27 \times X_4) - 28,35;$$

$$\text{Каберне } Y_5 = (12,28 \times X_5) - 45,91.$$

В приведенных уравнениях Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 – искомые площади листьев для пяти сортов винограда, см²; X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 – средняя ширина 50 листьев соответствующих сортов.

Определение площади листьев по этому способу проводят следующим образом: по каждому сорту на опытной делянке в период созревания ягод подбирают пять кустов, типичных по нагрузке и числу полноценных побегов. На каждом кусте подбирают по девять побегов: три побега – с 10-15 листьями, три – с 16-20 и три – с более чем 20 листьями. Линейкой измеряют ширину всех листьев на девяти побегах, суммируют и

вычисляют среднюю ширину листа (\bar{x}), которую подставляют в уравнение регрессии, выведенное для определенного сорта, и рассчитывают площадь одного листа. Для получения данных о площади листьев на одном кусте площадь листа умножают на число листьев на кусте. Данные каждого из пяти кустов в пределах каждой делянки используют для статистической обработки. Можно измерять только каждый третий лист, при этом работа ускоряется в три раза.

Если предусмотрено определение листовой поверхности в динамике роста, то первый учет проводят через 15-20 дней после распускания почек, а каждый последующий – в период основных фаз развития куста, все время на одних и тех же кустах.

6.7. Учеты и наблюдения в опытах с цветочными культурами

Изучаемые показатели в опытах с удобрениями.

Учитывают дату посева и появления всходов, начало и продолжительность пикировки, состояние растений, дату высадки рассады в открытый грунт, начало роста побегов первого, второго, третьего порядков, высоту растений (с интервалом 10-15 дней), их диаметр, фиксируют начало цветения, массовое цветение, начало потери декоративной ценности растений.

На семеноводческих посевах отмечают начало созревания семян, дату их сбора, массу и качество.

Визуально оценивают декоративность, подсчитывают число соцветий на трех кустах каждой опытной делянки. Учитывают продолжительность цветения одного цветка, продуктивность растений и их состояние.

Важный показатель в опытах с удобрением – динамика содержания питательных элементов в почве и растениях, наличие на листьях визуальных симптомов недостатка или избытка отдельных элементов.

Изучаемые показатели в опытах с орошением.

Изучают те же показатели, что и в опытах с удобрением, а также влажность почвы и площадь листьев.

Кроме обычных фенологических наблюдений, учета декоративности и продуктивности растений в **опытах с нормами посева и посадки растений** очень важно учесть динамику роста и диаметр куста. Отмечают даты смыкания растений, массового цветения, его окончания, начала ветвления. Измеряют длину цветущей части и цветоноса, определяют начало потери декоративности.

Учеты и наблюдения.

После тщательной сортировки семян учитывают их среднюю массу, а также массу луковиц, клубнелуковиц, корневищ и т. п. Определяют всхожесть и энергию прорастания посевного материала, фиксируют сроки посева, появления всходов, нормы высева и посадки. Через каждые 7 или 10 дней, т. е. через определенный интервал времени, измеряют высоту растений, диаметр кустов, однолетних побегов, площадь листьев, диаметр цветков. Учитывают продуктивность растений – число срезанных цветков, их массу. На семенных участках учитывают урожай семян, их массу и посевные качества.

Иногда раскапывают корни с целью изучения их роста вглубь и по горизонтам. Для этого используют один из методов: отмывку, послойную раскопку или вольный монолит.

Учеты и наблюдения. Очень важно вести фенологические наблюдения на протяжении всего вегетационного периода - от посева до уборки урожая. В фазе массового цветения оценивают декоративные свойства, махровость цветка, окраску цветков в баллах. Длину цветоноса учитывают также в период массового цветения. Отмечают начало цветения и его продолжительность, аромат цветков.

При пикировке или посадке растений учитывают их приживаемость и состояние.

Такой существенный показатель сорта, как устойчивость к неблагоприятным условиям, болезням и вредителям, учитывают от начала и до конца роста растений. У роз отмечают шиповатость ветвей. Урожай учитывают с начала цветения, подсчитывая общее число срезанных цветков и подразделяя их на стандартные и нестандартные. Учеты проводят подекадно с последующим подсчетом за месяц и за вегетацию. Урожай се-

мян учитывают с делянки с последующим пересчетом на одно растение. Определяют посевные качества семян.

Учеты и наблюдения. При хранении посадочного материала учитывают подекадно состояние луковиц, корнеклубней, клубнелуковиц. Определяют процент поврежденных в каждой повторности (ящике, пакете). При проращивании учитывают также процент сохранившегося посадочного материала.

6.8. Учеты и наблюдения в опытах по хранению продукции садоводства

6.8.1. Учеты и наблюдения при хранении плодов семечковых культур

В ходе ревизии определяют зрелость плодов, процент выхода стандартной продукции, виды и степень повреждений, процент естественной убыли, химический состав плодов, дают органолептическую оценку доброкачественным плодам, определяют степень устойчивости к болезням, физиологические расстройства. В конце опыта изучают реакцию плодов на изменение условий после хранения. Для этого 3-5 кг плодов выдерживают 5-10 дней при комнатной температуре и отмечают их состояние.

При ревизии оценивают товарность плодов, выражая ее в процентах к массе, заложенной на хранение. Выделяют здоровые плоды; с загаром до 1/8 и 1/4 поверхности плода; увядшие; с побуревшей мякотью; с плодовой гнилью и другими повреждениями; технический брак; абсолютный брак; определяют естественную убыль.

Убыль массы плодов учитывают по 10 контрольным плодам, каждый из которых взвешивают и нумеруют, или по 15 контрольным сеткам, которые взвешивают и нумеруют при закладке опыта на хранение.

При дегустациях оценивают зрелость плодов, внешний вид, состояние мякоти, аромат, вкус. Дают общую оценку с указанием в примечании специфичности плодов.

Химическими анализами определяют содержание сухих растворимых веществ, общего и инвертного сахара, сахарозы,

глюкозы, фруктозы, титруемой кислотности, суммы пектиновых веществ, протопектина и водорастворимого пектина, этилового спирта, ацетальдегида и других соединений.

Физиологическое состояние плодов оценивают по интенсивности дыхания, активности ферментов, содержанию этилена, CO_2 и O_2 в тканях.

6.8.2. Учеты и наблюдения при хранении плодов косточковых культур

В процессе хранения изучают плотность плода, массу, объем, химический состав (моно- и дисахариды, титруемую кислотность, пектиновые и сухие растворимые вещества, этиловый спирт и т. д.), физиологическое состояние (интенсивность дыхания, активность окислительно-восстановительных ферментов, состав внутритканевой атмосферы), проводят товарный анализ и дают органолептическую оценку. Для изучения физических свойств берут 10-30 плодов на вариант, для определения химического состава – 2 кг из каждой повторности опыта. Дегустацию проводят как перед закладкой плодов на хранение, так и в процессе хранения.

6.8.3. Учеты и наблюдения при хранении плодов винограда

Определяют устойчивость ягод к раздавливанию, проклевыванию, отрыву от плодоножки, сахаристость, кислотность, содержание сухих веществ, этилового спирта, интенсивность дыхания. Изучают микрофлору, транспортабельность, длительность хранения, потери. Дают товароведческую и дегустационную оценки, определяют экономическую эффективность хранения.

6.8.4. Учеты и наблюдения при хранении плодов ягодных культур

Перед закладкой ягод на хранение и в конце хранения проводят биохимические анализы, оценивают товарные каче-

ства продукции, выделяя первый и второй сорта, брак технический и абсолютный. При наличии 8-10% брака хранение прекращают и дают экономическую оценку вариантам.

6.8.5. Учеты и наблюдения при хранении овощей

Капуста. Изучают технологию хранения различных по лежкости сортов.

Для хранения отбирают хорошо сформированные стандартные кочаны с тремя-пятью плотно и неплотно прилегающими зелеными кроющими листьями, отвечающие требованиям ГОСТа.

Температуру воздуха при хранении плотнокочанных лежких сортов продовольственной капусты поддерживают от -1 до 0°C, рыхло-кочанных слаболежких сортов – от -1,5 до 0,5°C, маточников – от 0 до 1°C, относительную влажность воздуха – в пределах 90-98%.

В стационарных хранилищах при активном вентилировании в холодильниках капусту хранят сплошным слоем (лежкие сорта высотой до 3,6 м, слаболежкие – до 2,8 м) или в контейнерах штабелями высотой до 5,5 м. Интенсивность подачи воздуха в период охлаждения продукции (осенью) при активной вентиляции – 100-150 м³/т в час, в период основного хранения (зимой) – 50-75 м³/т в час. При хранении капусты в холодильнике система общеобменной вентиляции должна обеспечивать равномерное перемещение воздуха в холодильной камере. Кратность циркуляции воздуха – 8-12 обменов в час.

По каждому варианту опытов следует закладывать не менее 25 индивидуально взвешенных кочанов в 3-кратной повторности.

Основные показатели технологии хранения капусты: сохранность (величина потерь и сроки хранения), изменение товарного качества и химического состава, интенсивность физиолого-биохимических процессов (интенсивность дыхания, активность ферментов и др.), для маточников – семенные качества (урожайность и качество семян, проверяемые в полевом опыте), степень поражения болезнями и физиологи-

ческими расстройствами.

Естественную убыль массы определяют методом фиксированных проб. В каждой из трех партий взвешивают по 25 выравненных кочанов с тремя-пятью прилегающими зелеными листьями. Для определения суммарной убыли массы за период хранения фиксированные пробы при завершении опыта взвешивают. Рассчитывают убыль массы по формуле

$$Y = \frac{A - B}{A} \times 100,$$

где Y – убыль массы кочанов, %; A – масса кочана в начале хранения, кг; B – масса кочана в конце хранения, кг.

При изучении динамики нарастания естественной убыли массы фиксированные пробы взвешивают ежемесячно.

Отходы при зачистке кочанов учитывают, взвешивая не менее трех партий по 25 кочанов (каждый кочан взвешивают отдельно). Их учитывают по формуле

$$O = \frac{(A - Y) - B}{B} \times 100,$$

где O – отходы при зачистке, %; A – масса кочана в начале хранения, кг; Y – убыль массы кочана за период хранения, кг; B – масса кочана при снятии с опыта до зачистки, кг; B – масса кочана после зачистки, кг.

Изменение товарного качества оценивают путем товароведного анализа по ГОСТу. Вычисляют среднюю массу кочана, число (процент) стандартных, мелких, треснувших кочанов.

Степень поражения кочанов болезнями и физиологическими расстройствами рекомендуется определять по следующей методике. Сначала устанавливают степень поражения кочанов по пятибалльной шкале. Например, для характеристики степени поражения кочанов серой гнилью можно пользоваться следующей шкалой, баллы:

1 – поражено менее 1/8 поверхности кочана на глубину одного листа;

2 – поражено от 1/8 до 1/4 поверхности на глубину двух листьев;

3 – поражено от 1/4 до 1/2 поверхности на глубину двух листьев;

4 – поражено от 1/2 до 3/4 поверхности на глубину трех листьев;

5 – поражена вся поверхность кочана на глубину более трех листьев.

Среднюю степень поражения кочанов болезнью в каждой анализируемой партии продукции вычисляют по следующей формуле:

$$C = \frac{G \times D}{H},$$

где C – степень поражения кочанов, балл; G – число пораженных кочанов, оцененных одинаковым баллом; D – степень поражения, балл; H – общее число кочанов в оцениваемой партии.

Чтобы получить при различных анализах достоверные данные, рекомендуется включать в образец для товарного анализа не менее 25 кочанов (по трем пробам), для определения химического состава – 5-7.

Корнеплодные культуры. Размер корнеплодов во всех вариантах опыта предусматривается одинаковым, так как различия по убыли массы при хранении корнеплодов, обусловленные их разными размерами, могут превосходить влияние изучаемых факторов.

Размер пробы редиса и других мелких корнеплодов должен быть не менее 3 кг, моркови, свеклы столовой, других крупных корнеплодов – 15 кг. Минимальное число новторностей (проб) – 5, оптимальное – 10. Отдельной пробой могут считаться корнеплоды в одном стандартном ящике, полиэтиленовом мешке, контейнере или в устойчивой к гнили сетке, заложеной в контейнер большой вместимости или в массу корнеплодов при хранении их сплошным слоем 2,5-4 м. Схема опытов по хранению корнеплодов не должна включать более 10-12 вариантов.

Морковь, редьку, репу, редис рекомендуется хранить при температуре 0°C с колебаниями в пределах от -0,5 до +1 °C, столовую свеклу – при 1-2°C, но не ниже 0°C. В холодильные камеры корнеплоды закладывают сразу после уборки при оптимальных условиях температуры и влажности воздуха в пределах 95-98%.

Учитывают следующие показатели:

естественные потери – потери массы здоровых корнеплодов; одновременно с учетом общих потерь массы путем взятия опытных проб целесообразно определять естественную убыль по изменению массы отдельных этикетированных корнеплодов, что позволит исключить из учета пораженные болезнями корнеплоды; число корнеплодов в пробе должно быть не менее 30;

убыль массы – общие потери массы, куда включают, кроме естественных, потери массы пораженных корнеплодов;

здоровые корнеплоды без признаков поражения болезнями или повреждения вредителями; в зависимости от цели исследования корнеплоды делят на стандартные и нестандартные, а также поврежденные грызунами, механически поврежденные и отросшие с указанием массы и длины листьев и корней, сроков начала отрастания;

корнеплоды, имеющие внешние или внутренние признаки поражения болезнями и повреждения вредителями; у пораженных болезнями корнеплодов, кроме общей массы, определяют массу обрезанных корнеплодов (после срезки пораженной части) и массу абсолютной гнили, при этом целесообразно учитывать виды болезней и сроки их появления.

При более полной характеристике поражения опытной пробы корнеплодов используют обобщенный показатель – *индекс поражения*, вычисляемый по формуле

$$И = \frac{(C \times K)}{H \times 8} \times 100,$$

где И - индекс поражения, %; *C* – степень поражения каждого корнеплода, выраженная в условных единицах (0 – поражение отсутствует, 1 – поражено меньше 1% поверхности, 2 – поражено от 1 до 10%, 4 – поражено от 10 до 50%, 8 – поражено от 50 до 100% поверхности корнеплодов); *K* – число пораженных корнеплодов (в одной из указанных пяти степеней); *H* – всего корнеплодов в пробе.

Учет сохранности маточников завершают оценкой семенных качеств корнеплодов. Маточники высаживают в поле не менее чем в 4-кратной повторности, в каждой из которых

должно быть не менее 50 учетных семенных растений.

Лук различных генераций. В хранилища с активным вентилированием лук загружают в закрома или насыпью по всему полу слоем 2,5–4 м. В холодильниках и хранилищах с естественной вентиляцией его помещают в реечные ящики вместимостью от 15 до 25 кг, лотки и полуконтейнеры, устанавливаемые штабелями высотой соответственно до 3 и 5,5 м.

В зависимости от цели исследования отсортированные по размеру лук-севок, выборки, лук-матку и лук-репку закладывают на опытное хранение по вариантам в 6-8-кратной повторности по 200 луковиц в каждой. При закладке на хранение не отсортированного по размеру лука берут опытные пробы по 15–20 кг в 3-4-кратной повторности, лука-севка в зависимости от размера – 1–3 кг в 6-8-кратной повторности.

В период хранения следует провести 3–4 учета качества и сохранности лука (в ноябре-январе, феврале, апреле). Для каждого учета закладывают специальные пробы, которые после анализа снимают с опыта. При хранении лука (в реечных ящиках на 15–25 кг для лука-репки и до 10 кг для лука-севка) учетные ящики, которые считают опытными пробами, закладывают (по 4–6) в нижний, средний и верхний ряды штабеля.

Температуру и относительную влажность воздуха в хранилищах поддерживают в заданных пределах. Это достигается хранением его в холодильниках после просушивания и до посадки при температуре от -1 до -3°C и относительной влажности воздуха 80–90%.

При проведении опытов с луком-маткой острых сортов следует иметь в виду, что в период хранения при температуре 8–12 $^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 60–80% происходит раннее и полное образование зачатков генеративных органов, а после посадки в поле отмечается раннее стрелкование, цветение и созревание семян. Повышение температуры до 18–25 $^{\circ}\text{C}$ в течение 15–20 суток перед посадкой лука также усиливает рост зачатков стрелок, что ускоряет начало стрелкования, цветения и созревания семян.

Продовольственный лук-репку острых сортов лучше всего хранить в холодильнике при температуре от -1 до -3°C , в слое лука – -1 – -2°C , а салатных сортов (сладких и полуост-

рых) – в интервале от 0 до -1°C и относительной влажности воздуха 80–90%.

Контроль за режимом хранения лука и учет его опытных проб ведут так же, как при хранении капусты и корнеплодов.

Важно проследить сортовые особенности органогенеза у лука. Для этого целесообразно ежемесячно, а по необходимости через 10-15 суток брать для анализа по 10 луковиц каждого размера со всех вариантов опыта. С каждой луковички снимают поочередно чешуи, разделяют на детки, в пределах детки снимают чешуи до точки роста и определяют под лупой или биноклем степень ее дифференциации в генеративный орган (зачаток стрелки), при этом учитывают число чешуи, растущих листочков, зачатков стрелок.

Последствие условий хранения лука-матки на урожай и его качество проверяют, высаживая лук в поле в оптимальные сроки в соответствии с методикой полевого опыта: по 100 луковиц матки и 200 севка и выборка в 4-кратной повторности.

Для контроля за режимом температуры рекомендуется использовать срочные спиртовые термометры, термографы, электротермометры сопротивления, термопары. Наиболее перспективно применение дистанционных приборов, непрерывно записывающих температуру. Относительную влажность воздуха измеряют с помощью психрометра Августа или Ассмана, самопишущих гигрографов. Особенно перспективны дистанционные электропсихрометры с автоматической записью показаний. Состав газовой среды определяют в пробах, отобранных в газовые пипетки Зегерса, с последующим их анализом на газоанализаторах различных типов (Орса, ГХП-3М, ГХА-1), газовых хроматографах.

Необходимо фиксировать показатели режима хранения в хранилище, камере, контейнере не менее чем в трех точках по высоте и поперек помещения. Так, в штабеле высотой 2,8 м при активном вентилировании термометры следует устанавливать на высоте 0,5, 1,5 и 2,5 м от основания. В хранилищах с активным вентилированием необходимо ежедневно контролировать температуру подаваемого в штабель воздуха, для чего устанавливают термометр в воздухораспределительном канале после вентилятора. Влажность (2-3 раза в неделю) и газовый состав

среды (раз в месяц) определяют обычно в двух точках: в центре штабеля или внутри тары и в окружающем воздухе.

Химические анализы проводят по общепринятым методикам (согласно плану исследований) перед закладкой овощей на хранение и после него. При учете изменений химического состава во время хранения следует учитывать естественные потери массы. Расчет проводят по формуле

$$A = \frac{B \times (100 - Y)}{100},$$

где A – содержание вещества в начале хранения, % к первоначальной массе; B – содержание вещества в конце хранения, %; Y – убыль массы за период хранения, %.

Характеристику сохранности продукции заканчивают оценкой экономической эффективности вариантов опыта. Для этого необходимо сравнить показатели сохранности продукции, определить стоимость дополнительно сохраненной продукции, производительность труда, себестоимость продукции, рентабельность лучшего варианта хранения.

Исследования по хранению овощей в регулируемой газовой среде.

К числу наиболее прогрессивных методов относится хранение продукции в регулируемой газовой среде (РГС), т. е. при определенном содержании в атмосфере хранения кислорода, диоксида углерода (CO_2) и азота.

При проведении опытов по хранению овощей в РГС состав атмосферы для каждого конкретного случая должен быть выбран в соответствии с особенностями культуры, сорта, видом и физиологическим состоянием продукции, а также в зависимости от температуры, относительной влажности воздуха и продолжительности хранения.

При изучении хранения овощей в регулируемой газовой среде могут быть использованы различные технические средства: герметизированные камеры с заданной газовой средой; камеры, оборудованные диффузорами-газообменниками, скубберными установками, газогенераторами; контейнеры из полимерных материалов, снабженные газообменными «окнами» из селективной проницаемой пленки; пленочные упаковки и вкладыши в различные виды тары.

Один из простых способов модификации газового состава атмосферы – хранение овощей в полиэтиленовой упаковке. Изменение газового состава атмосферы в таких условиях происходит в результате физиологической активности овощей (их дыхания) и селективной проницаемости пленок. Путем подбора толщины пленки, температуры хранения можно создать внутри упаковки газовый режим, близкий к оптимальному для продукции данного вида или сорта.

Для экспериментальных исследований наиболее приемлем способ хранения овощей в камерах небольшой вместимости (0,25-0,50 м³) с регулируемой газовой средой путем непрерывного потока смеси газов заданных концентраций со скоростью 3-8 л/ч в расчете на 50 кг овощей. Такие камеры для хранения овощей могут быть изготовлены из газонепроницаемых материалов: листового органического стекла толщиной 5-6 мм, листовой нержавеющей стали, полимерных материалов и др. Газовую смесь подают в камеру из стальных баллонов высокого давления, расход ее регулируют капиллярным реометром, точность отсчета которого 0,5%. В качестве манометрической жидкости используют 22%-ный раствор хлорида натрия или воду. Увлажнителями и поглотителями газов могут служить стеклянные банки СКО-83-1, в которые монтируют два штуцера. В поглотителе рекомендуется применять либо 30-35%-ный раствор гидроксида калия (КОН) или раствор, состоящий из 10 частей (по массе) пирогаллола «А», 20 частей гидроксида калия и 70 частей воды.

Для приготовления газовой смеси используют технические газы в баллонах: кислород, азот и диоксид углерода. Готовят ее объемным методом в баллонах. При составлении однородной газовой смеси необходимо учитывать физические свойства газов, их критическую температуру, давление и объем. Диоксид углерода при температуре 20°C и давлении 50,5 атм. (5000 кПа) переходит из газообразного состояния в жидкое, а кислород и азот остаются в газообразном состоянии. Необходимо подобрать такое давление, при котором все компоненты будущей смеси были бы в газообразном состоянии. Учитывая физическое состояние СО₂, давление в баллоне, где находится газовая смесь, не должно превышать 5000 кПа (50 атм.) .

Газовую смесь готовят на специально оборудованном стенде.

Продукцию укладывают в решетчатый контейнер, который устанавливают на стеллаже, покрытом листовой вакуумной резиной толщиной 5-6 мм, используемой в качестве прокладки для придания камере герметичности. Затем контейнер накрывают колпаком из органического стекла, который с помощью накладок и винтов плотно прижимают к стеллажу.

Полиэтиленовую пленку для хранения овощей выбирают с учетом ее газопроницаемости, которая для CO_2 должна быть в 4-5 раз больше, чем для O_2 . При хранении скоропортящихся овощей наиболее благоприятный влажностно-газовый режим складывается в полиэтиленовых пакетах размерами 30×40, 20×50, 30×50 и 40×50 см.

Для хранения плодовых овощей (перца, баклажана, томата, огурца) следует использовать герметично закрываемые пакеты из полиэтиленовой пленки толщиной 25-40 мкм вместимостью 1-2,5 кг, в которых накапливается 3-6% CO_2 и 6-15% O_2 ;

для зеленых культур – пакеты из пленки толщиной 40-60 мкм вместимостью 0,2-1,0 кг, газовый состав: 2-4% CO_2 , 12-18% O_2 ;

для капусты цветной и белокочанной – пакеты из пленки толщиной соответственно 50-80 и 30-40 мкм вместимостью 0,3 и 0,6 кг, газовый состав: 2-5% CO_2 ;

для хранения корнеплодов (моркови, свеклы, редиса) – полиэтиленовые мешки с толщиной пленки 150-200 мкм вместимостью 20-30 кг, газовый состав: 3-5% CO_2 , 10-17% O_2 .

Для создания измененных газовых сред могут служить полиэтиленовые контейнеры с силиконово-каучуковыми вставками. Контейнер представляет собой мешок из полиэтиленовой пленки, в одну из боковых сторон которого вмонтировано «окно» из силиконово-каучукового эластомера. Размер контейнеров и площадь вставок для разных видов овощей различны. Используемый для контейнера полиэтилен практически воздухонепроницаем (толщина пленки 150-200 мкм). Газообмен с окружающей контейнер атмосферой осуществляется только через «окно» эластомера. Воздух в контейнере, обогащенный CO_2 и обедненный O_2 , соприкасаясь с силиконово-

каучуковой пленкой «окна», отдает через нее во внешнюю среду путем диффузии избыток накапливающегося CO_2 и получает из этой же среды O_2 . При определенном соотношении площади «окна» и количества заложенных в контейнер овощей можно поддерживать в нем устойчивую газовую среду. При нормальных условиях стабилизация газового режима в контейнерах происходит в течение первых 2-4 недель после загрузки в них овощей.

Для хранения в РГС используют стандартные, типичные для сорта овощи, выращенные в одинаковых условиях. Каждый сорт должен быть представлен однородной партией. Совместное хранение овощей разных сортов, а тем более разных видов недопустимо.

Опытные партии овощей перед загрузкой в камеры, контейнеры, боксы и в полиэтиленовую упаковку охлаждают до заданной температуры. При хранении овощей в РГС следует стремиться к максимальной загрузке камер, емкостей продуктами. Чем меньше газовой среды приходится на единицу продукции, загружаемой в камеру, тем легче устанавливать и поддерживать в ней требуемый состав воздуха.

При изучении оптимальных сроков хранения каждого сорта закладывают несколько пленчатых контейнеров, а в герметизированных камерах – несколько стандартных пакетов с ящиками. В пакете должно быть не менее 9-10 стандартных ящиков, при больших размерах партии – не менее 10-20, в каждой повторности – не менее трех единиц упаковки. При 3-кратной повторности в каждом варианте опыта предусматривается не менее девяти единиц упаковки.

Допустимый размер пробы редиса и других овощей малого размера – 3 кг, томатов, огурцов, баклажанов, перцев – 5 кг, свеклы столовой и других овощей среднего и крупного размера – 15 кг. Минимально допустимое число повторностей (проб) в варианте – четыре, оптимальное – 10, в некоторых случаях оно достигает 20-30. Отдельной пробой может считаться стандартный ящик, контейнер, бокс, полиэтиленовый мешок с овощами. При хранении овощей в полиэтиленовых пакетах, вмещающих 0,2-2,0 кг, каждая проба должна включать не менее трех единиц упаковки, а число повторностей –

не менее пяти.

Закладывать овощи на хранение, особенно в полиэтиленовые пакеты, необходимо при заданной температуре в камере, чтобы исключить появление конденсата на продукции и на стенках пакетов.

Полиэтиленовые пакеты и мешки размещают в вертикальном положении на сборных стеллажах или в ящиках-клетках.

Регулярно наблюдают за режимом хранения и состоянием продукции. Контроль за составом газовой среды осуществляют путем отбора и анализа проб воздуха с помощью газоанализаторов типа ГХП-3М и других приборов (газовых хроматографов). Пробы отбирают не реже одного раза в 5 дней. В герметизированных камерах большой вместимости газовый состав среды проверяют ежедневно с помощью автоматических газоанализаторов.

В период хранения в камерах с РГС 2-3 раза в месяц проводят осмотр и анализ овощей путем отбора проб. Для поддержания равномерного температурно-влажностного режима и газового состава атмосферы камеры оборудуют вентиляторными устройствами, а для обеспечения оптимальной влажности воздуха (90-95%) иногда их снабжают автоматическими аэрозольными установками.

По окончании хранения в камере должна быть установлена нормальная атмосфера. Это обеспечивается открытием двери камеры за 6-10 часов до выгрузки продукции (концентрация O_2 должна быть не менее 18-19%) .

Установлены предельные концентрации газов, при значениях ниже и выше которых в овощах могут возникать функциональные расстройства. Из-за развития анаэробных процессов нецелесообразно поддерживать концентрации кислорода ниже 2%, а диоксида углерода выше 8-10%. Наиболее эффективны газовые среды, содержащие 2-6% CO_2 и 3-5% O_2 . В таблице 24 приведены примерные газовые составы для хранения ряда овощей.

Таблица 24. Газовый и температурно-влажностный параметры хранения овощей в РГС

Культура	Температура хранения, °С	Относительная влажность воздуха, %	Содержание, %			Продолжительность хранения, сут.
			CO ₂	O ₂	N ₂	
Капуста белокочанная	0-3	92-98	4-5	2-3	94-92	210-250
Морковь	0-3	92-98	3-5	2-3	95-92	170
Свекла	0-3	92-98	4-5	2-3	94-92	170-200
Редис	0-3	90-95	3-5	2-4	95-91	170
Петрушка листовая	0-1	85-90	3	3	94	90-120
Огурец	7-12	90-95	5-6	3-5	92-89	35-40
Томат	8-12	85-90	0-3	3-4	97-93	40-60
Лук репчатый	0-3	75-80	4-5	2-3	94-92	210
Чеснок	0-3	75-80	4-5	2-3	94-92	210
Салат кочанный	0-3	92-98	3-4	1-2	86-94	21

Контрольные вопросы:

1. Каковы общие принципы планирования наблюдений и учетов в полевых опытах?
2. Каким образом планируется объем выборки при количественной и качественной изменчивости?
3. Какие учеты и наблюдения проводят в плодовом питомнике?
4. Какие учеты и наблюдения проводят в опытах с семечковыми культурами?
5. Какие учеты и наблюдения проводят в опытах с косточковыми культурами?
6. Какие учеты и наблюдения проводят в опытах с ягодными культурами?
7. Какие учеты и наблюдения проводят в опытах с орехоплодными культурами?
8. Какие учеты и наблюдения проводят в овощеводстве

открытого грунта?

9. Какие учеты и наблюдения проводят в опытах с овощными культурами в защищенном грунте?

10. Какие учеты и наблюдения проводят в опытах с грибами в защищенном грунте?

11. Какие учеты и наблюдения проводят в опытах с виноградом?

12. Какие учеты и наблюдения проводят в опытах с цветочными культурами?

13. Какие учеты и наблюдения проводят в опытах по хранению продукции садоводства?

7. ДОКУМЕНТАЦИЯ И ОТЧЕТНОСТЬ ПО ПОЛЕВОМУ ОПЫТУ

Научно обоснованный анализ результатов исследований, объективность научной информации в значительной степени определяются ведением строгой научной документации и надежным ее хранением.

К основным видам научной документации относятся:

- тематический план научно-исследовательских работ (пятилетний, годовой);
- рабочая программа по НИР;
- техническое задание на НИР;
- первичная документация по опыту (дневник, рабочая тетрадь, журнал полевого или лабораторного опыта и т. д.);
- отчеты по научно-исследовательской работе (годовые краткие и полные, промежуточные, заключительные).

Основная форма планирования научных исследований - *пятилетний и годовой планы НИР (тематические планы)*, разрабатываемые по программно-целевому принципу. Главная задача, предусматриваемая планом, - решение важнейших научно-технических проблем и заданий, обеспечивающих научное обеспечение отрасли садоводства агропромышленного комплекса, ускорение темпов научно-технического прогресса в садоводстве, увеличение производства продукции, улучшение ее качества, повышение эффективности производства.

Пятилетний план НИР составляют по форме, утвержденной вышестоящей по подчиненности организацией, с учетом всех методических и организационных требований ее.

Пятилетний план включает: государственные заказы на разработку важнейших проблем садоводства, определенные вышестоящими организациями задания; этапы, подэтапы государственной, ведомственной программ работ по решению важнейших научно-технических проблем и заданий, утвержденных вышестоящими организациями; прямые заказы потребителей; конкретные работы, определенные координационными программами, разработанными головными организациями; инициативные и поисковые работы, определенные самими учреждениями и направленные на обеспечение технического прогресса в отрасли.

Годовой план НИР разрабатывают на основе пятилетнего плана НИР учреждения. В нем предусматривают своевременное и высококачественное выполнение заданий пятилетних научно-технических программ и планов НИР. Задания, этапы и подэтапы, определенные годовым планом, записывают с теми же цифрами и в тех же формулировках, что и в программах или координационных планах.

В годовом плане НИР обязательно выделяют этапы и подэтапы работ, выполняемые в планируемом году, дополнительные задания, нормативы. По завершаемым в планируемом году работам необходимо указать полученные результаты, учреждение, где они будут рассматриваться, и ожидаемый эффект от их внедрения.

На основании утвержденного плана НИР по каждой научно-исследовательской теме составляют рабочую программу. Предварительно необходимо провести следующие подготовительные работы: собрать, изучить и проанализировать имеющуюся информацию по отечественным и зарубежным источникам, относящимся к решению поставленной задачи. Обобщают ранее проводившиеся исследования, испытания, патентные материалы, передовой опыт и другие источники, как прямо, так и косвенно относящиеся к предмету темы. В дальнейшем эти материалы следует пополнять и уточнять. На основании проведенной проработки составляют обзорный ма-

териал. Формулируют возможные направления исследований. Дают технико-экономическое обоснование целесообразности проведения исследований по теме. Выбирают главное направление работ (или метод решения) в соответствии со сформулированной проблемой или темой.

Разрабатывают и утверждают техническое задание на НИР, которое служит исходным обязательным документом, определяющим цель, содержание, порядок проведения работ, конечный результат НИР (научно-техническая продукция), а также намечаемый способ реализации результатов НИР.

Техническое задание НИР разрабатывают на основе научного прогнозирования, анализа достижений отечественной и зарубежной науки и техники, результатов поисковых НИР, изучения патентной документации, а также требований заказчика.

Техническое задание НИР в общем виде должно состоять из следующих разделов: основание для проведения работ; цель и исходные данные для их проведения; этапы НИР; основные требования к выполнению НИР; способ реализации результатов НИР; перечень документации, предъявляемой по окончании работ; порядок рассмотрения и приемки НИР; технико-экономическое обоснование ожидаемых результатов исследований; приложения (таблицы, схемы, перечни справочно-информационных, патентных и других материалов, необходимых для выполнения НИР).

Определяют состав исполнителей и соисполнителей. Проводят предварительный технико-экономический расчет.

После этого составляют рабочую программу и методику исследований.

При составлении рабочей программы следует предусмотреть применение новейших методов исследований, выбирать главные вопросы. Важно обеспечить получение достаточно достоверных результатов. В связи с этим большое значение имеет тщательная отработка условий проведения опытов, а также форм для первичных записей результатов и их последующей обработки.

Рабочую программу составляет исполнитель, её предварительно рассматривают на производственном совещании

научного отдела (кафедры), методической комиссии или на ученом совете, а затем утверждает директор (ректор) института (станции) или его заместитель по научной работе.

В рабочей программе указывают название и шифр темы, номер договора на создание (передачу) научно-технической продукции, сроки и место проведения работы, должность, фамилию и инициалы руководителя и исполнителей, обоснование темы, направления и задачи исследований, программу работ, методику выполнения НИР, ожидаемые конечные результаты, перечень необходимого оборудования, приборов, материалов, приводят график поэтапного выполнения работ.

В обосновании темы отражают целевое назначение работы, ее актуальность, перспективность практического применения результатов. Излагают состояние вопроса, оценивают зарубежную и отечественную технику, приемы, сорта, технологии или работы, проводившиеся в этом направлении, с использованием материалов по прогнозированию развития данного направления исследований, материалов предыдущих исследований, патентного фонда, литературных источников, передового опыта. Выводом из этого должно быть обоснование необходимости проведения данной работы.

В основных направлениях и задачах исследований кратко излагают выбор и обоснование наиболее целесообразного направления в решении научно-технической проблемы; задачи, которые должны быть решены для выполнения работ по выбранному направлению.

В ожидаемых конечных результатах работы кратко, в возможно более конкретной форме отмечают, чего предполагается достичь при проведении НИР по теме: создание исходного материала или нового сорта (гибрида), создание и обоснование принципиально новых технологических приемов, рабочих органов, агрегатов или технологий, определение их основных параметров; научно обоснованные предложения по совершенствованию существующих технологических приемов, технологий, систем, сортов, нормативно-технической документации и т. д.

Отражают экономическую эффективность и масштабы применения результатов исследований, где приводят обосно-

вание экономической целесообразности проведения НИР по теме. Приводят предварительный расчет экономической эффективности, уточняемый по мере выполнения исследований, или же указывают конечные результаты его со ссылкой на материал, в котором расчет приведен полностью.

В программе работ указывают основные этапы выполнения НИР:

- подготовительный этап;
- теоретические разработки – формирование возможных направлений исследований с учетом рекомендаций поисковой работы по данной теме (если такую работу проводили), выбор оптимальных вариантов исследований, разработка и оформление программ и методики НИР;
- проектирование и изготовление макетных и экспериментальных образцов;
- экспериментальные работы - лабораторные, вегетационные, лизиметрические, полевые опыты или их сочетания; испытания экспериментальных и опытных образцов, технологического приема в лабораторных и полевых условиях или производственная проверка технологического приема, технологии, препарата, сорта и т. д.;
- обобщение результатов исследований и испытаний – разработка предложений и рекомендаций, составление и оформление отчета по теме, рассмотрение результатов проведенных НИР и приемка работы в целом.

Методику выполнения работ излагают по каждому этапу. Так, при изучении состояния вопроса указывают исследуемый материал, отбираемые данные, применяемый метод анализа, главные критерии оценки и т. д. Для теоретических разработок приводят метод проработки – аналитический, графический, экспертных оценок и т. д. При проведении экспериментальных исследований подробно освещают определяемые показатели и применяемые методы, схемы опытов, число повторностей и измерений, точность взвешивания или измерения, способ и приемы обработки полученных данных, используемые экспериментальные установки, макеты, рабочие органы, приборы. Разрабатывают и приводят в приложении формы для записи и обработки полученных данных.

Если экспериментальные исследования или испытания предусматривают проводить по уже существующей методике, то в этом случае можно ограничиться ссылкой на нее с указанием ее точного и полного названия.

Полнота и систематичность записей о работах, наблюдениях и учетах по НИР обеспечиваются **первичной документацией**. Первичными считаются документы, оформляемые в процессе научно-исследовательской работы:

- журнал полевого опыта;
- дневник полевых работ;
- рабочие тетради, в которых фиксируют полученные данные, применяемые методы, условия и обстоятельства проведения исследований, замечания исследователя;
- каталоги селекционного и прочего материала.

К основным первичным документам лабораторных анализов относятся: книга регистрации получаемых и отправляемых образцов почвы, растений и т. д.; журнал или ведомость лабораторных анализов, в которых в хронологическом или другом порядке записывают данные анализов; книги (тетради), в которых указывают все дополнительные данные и расчеты, связанные с анализами.

В ходе эксперимента исполнитель обязан регистрировать все проводимые на опытном участке агротехнические работы, учеты и наблюдения за условиями внешней среды и растениями, которые впоследствии будут необходимы для анализа полученных результатов исследования, станут основой для составления научного отчета.

Все результаты учетов и наблюдений заносят в **дневник полевых работ и наблюдений**. Дневник – это небольшая тетрадь или блокнот, удобные для ношения в кармане или полевой сумке. Записи в дневнике делают регулярно в хронологическом порядке, по соответствующим формам, непосредственно в поле или лаборатории, во время выполнения работ и наблюдений, объективно, точно, лаконично, в полном объеме. Их следует вести простым карандашом или шариковой ручкой. Все вносимые поправки необходимо оговаривать.

Вспомогательными первичными документами к дневни-

ку могут быть **рабочие тетради**, или **журналы**, в которых проводят расчеты данных массовых наблюдений, учетов и анализов.

Сводным научным документом является **журнал полевого опыта**. Его заполняют чернилами аккуратно и своевременно по мере выполнения работ и наблюдений на основе первичных документов. Хранят его в помещении. В этом журнале должен быть сосредоточен весь основной материал по полевому опыту (в текстовом выражении, в виде таблиц и графиков), необходимый для дальнейших обобщений, выводов, оформления научного отчета и разработки практических рекомендаций.

Формы первичных документов и порядок их составления определяет руководство научного учреждения. Они могут быть различны в агротехнических исследованиях и селекционной работе, в опытах по защите растений и механизации, в полевых опытах и лабораторных исследованиях.

В журнале полевого опыта приводят общие сведения об опыте и опытном участке: цель и задачи опыта, схема и план его размещения в натуре, методика проведения (повторность, размер, конфигурация и расположение делянок, площадь, занятая опытом, сопутствующие наблюдения и исследования, метод обработки полученных данных); характеристика и история опытного участка; микрорельеф отдельных частей его (наличие впадин, бывших дорог, токов, залежей, возвышенностей и т. д.); тип почвы и ее описание (характеристика по генетическим горизонтам, гранулометрический состав, степень окультуренности, глубина залегания грунтовых вод и т. д.), засоренность участка (уровень засоренности и главнейшие виды сорняков), зараженность его болезнями и вредителями (главнейшие виды) в предшествовавший опыту год; принятый севооборот (культурооборот); предшественники за последние 3 года, их урожайность; мелиоративные системы (орошение, осушение); применявшаяся обработка почвы; внесенные в предшествующие 3 года органические и минеральные удобрения, пестициды и другие химикаты. Затем дают агрохимическую характеристику почвы участка по горизонтам (рН водной и солевой вытяжки, гидролитическая кислотность,

сумма поглощенных оснований, емкость поглощения катионов, содержание гумуса, общего, нитратного и аммиачного азота, подвижного фосфора и обменного калия), воднофизическую характеристику почвы участка (процент водопрочных агрегатов, объемная масса, плотность, наименьшая влагоемкость, биологическая активность почвы и пр.), метеорологическую характеристику периодов вегетации в годы проведения опыта (по декадам и месяцам данные о температуре воздуха и почвы – средне-суточная, максимальная и минимальная, осадках, влажности воздуха, продолжительности солнечного сияния и пр.) с указанием места расположения метеостанции, откуда получены данные.

Основная часть журнала полевого опыта включает данные о проводимых в нем работах и полученных результатах: обработка почвы (виды обработки – основная, предпосевная, междурядные, глубина обработки, используемые для этого машины и орудия, качество работы); удобрение и известкование (виды, формы и дозы удобрений, сроки и способы внесения и применяемая для этого техника); характеристика посевного и посадочного материала (название культуры и сорта, место репродукции семян, год урожая, номер партии, репродукция, чистосортность, сортовая категория, класс, лабораторная и полевая всхожесть, чистота, масса 1000 семян, способы подготовки семян, характеристика посадочного материала вегетативно размножаемых культур – лука, чеснока, картофеля, многолетних, режимы и способы их хранения перед посевом и посадкой); технология выращивания и качество рассады; время, способ и техника посева или посадки, схема посева, норма высева семян, густота стояния растений, уход за посевами (прополки, прорывки, подкормки, сроки, нормы и способы полива, меры борьбы с сорняками, болезнями и вредителями и другие мероприятия); перечень сопутствующих наблюдений и методика их выполнения; другие сведения о закладке и проведении опыта, не отмеченные в предыдущих разделах полевого журнала.

Затем следуют обработанные результаты анализов, сопутствующих наблюдений, учета урожая и данные статистической обработки полученных результатов в виде текста, таблиц или графиков. Здесь же приводят все сведения о выключках с

обоснованием их необходимости, площади делянок и записывают число растений на учетных делянках после проведения выключек.

После завершения опыта составляют научный отчет.

Отчеты по научно-исследовательской работе бывают краткие и полные годовые, промежуточные и заключительные.

Краткий отчет по результатам года представляют по форме государственной отчетности или по установленной вышестоящей организацией форме. В нем в сжатом виде излагают по каждому заданию и этапу полученные результаты исследований, ожидаемый эффект и объем внедрения, затраты средств на разработку, результаты апробации завершенных научных разработок.

Полный годовой, промежуточный *или* заключительный отчет о НИР составляют в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2001 "Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления». Он должен включать титульный лист, список исполнителей, реферат, содержание, перечень условных обозначений символов, единиц и терминов, введение, основную часть (отражает все этапы НИР), заключение, выводы, рекомендации и предложения, список использованных источников, приложения.

Общие требования к отчету: четкость и логическая последовательность изложения материала; убедительность аргументации, краткость и точность формулировок, исключающих возможность неоднозначного толкования, конкретность изложения результатов работы; обоснованность рекомендаций и предложений.

Во введении к научному отчету дают оценку современного состояния решаемой проблемы, приводят исходные данные для разработки темы, озвучивают цель и задачи исследований, дают обоснование необходимости проведения НИР, подчеркивают актуальность и новизну темы.

В основной части отчета отражают выбор направления исследований, методику их проведения, содержание выполняемых исследований, полученные результаты, дают их анализ, обобщение и оценку. Если утвержденным техническим заданием или планом выполнения НИР не предусматривается состав-

ление промежуточных отчетов, то результаты исследований на этих этапах отражают в заключительном отчете о работе.

Заключение должно содержать краткие выводы по результатам выполненной НИР или отдельных ее этапов, предложения по их использованию, включая внедрение, оценку технико-экономической эффективности внедрения, народнохозяйственную, научную, социальную ценность результатов работы.

Контрольные вопросы:

1. Какие документы относятся к основным видам научной документации?
2. Какие разделы предполагаются в программе работ?
3. Какие документы относятся к первичной документации?
4. Какие бывают отчеты по НИР и в чем разница между ними?

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

ГЛАВА 8. ВАРИАЦИОННАЯ СТАТИСТИКА

8.1. Основные понятия

Результаты агрономических исследований анализируют методами математической статистики, т. е. систематизируют, обрабатывают и делают обоснованные выводы и предложения.

Объекты исследований в садоводстве – это отдельные растения, их группы и среда произрастания. Всем им свойственно явление изменчивости, или **варьирования**. Степень варьирования, выраженную математически, называют **вариацией**. Если тысячи отборных семян одной и той же садовой культуры, одного сорта посеять и выращивать в одинаковых условиях, растения всегда будут различаться по росту, массе, внешнему виду, урожайности, качеству урожая и т. д. Число

всех таких растений или других объектов исследований представляет собой **генеральную совокупность**.

Чтобы точно определить среднюю высоту растения или среднее число плодов на нем, следовало бы в короткий срок, за несколько часов, измерить тысячи растений и сосчитать десятки тысяч плодов, что практически невозможно. Нецелесообразно также проращивать все семена, предназначенные для посева, чтобы определить их всхожесть. В этих и подобных случаях следует воспользоваться теорией вероятности, которая обобщает закономерности массовых случайных явлений.

Согласно этой теории вместо сплошного учета всей генеральной совокупности большого объема для изучения можно брать определенную ее часть и судить по ней о состоянии совокупности в целом. Таким образом, по вероятностям одних случайных событий находят вероятность других, связанных с первыми.

Пусть в ящике будет 100 плодов томата: 30 плодов сорта Волгоградский 5/95 и 70 плодов сорта Факел. Какова вероятность того, что первый взятый наугад плод окажется сортом Волгоградский 5/95 или Факел? Вероятность взять плод Волгоградский составит $30:100 = 0,3$, а Факел $70:100 = 0,7$. Таким образом, вероятность наступления определенного события есть отношение чисел всех возможных случаев. События, вероятность которых составляет более 0,5, называют вероятными, а менее 0,5 – маловероятными. Как видим, взять плод Факела вероятно, а Волгоградского 5/95 – маловероятно.

Отношение числа случаев с данным событием n к числу всех возможных случаев N составляет уровень вероятности P : $P = n : N$.

Вероятность невозможного события равна нулю. Например, вероятность появления плодов сорта Новичок, которых не было в ящике ($n = 0$), составит $P = 0 : N = 0$. Вероятность обязательного события равна единице. Так, если в ящике все 100 плодов принадлежат одному сорту ($n = 100$; $N=100$), то $P = n / N = 1$. Вероятность, равная единице, называется достоверной.

Нормальное распределение. Если часть (выборка) генеральной совокупности составляет не менее 30 членов и стремится к бесконечности ($n \rightarrow \infty$), то для такой части используют

закономерности больших чисел, установленные для кривой нормального распределения (Гауссова распределения), которое показано на рисунке 19.

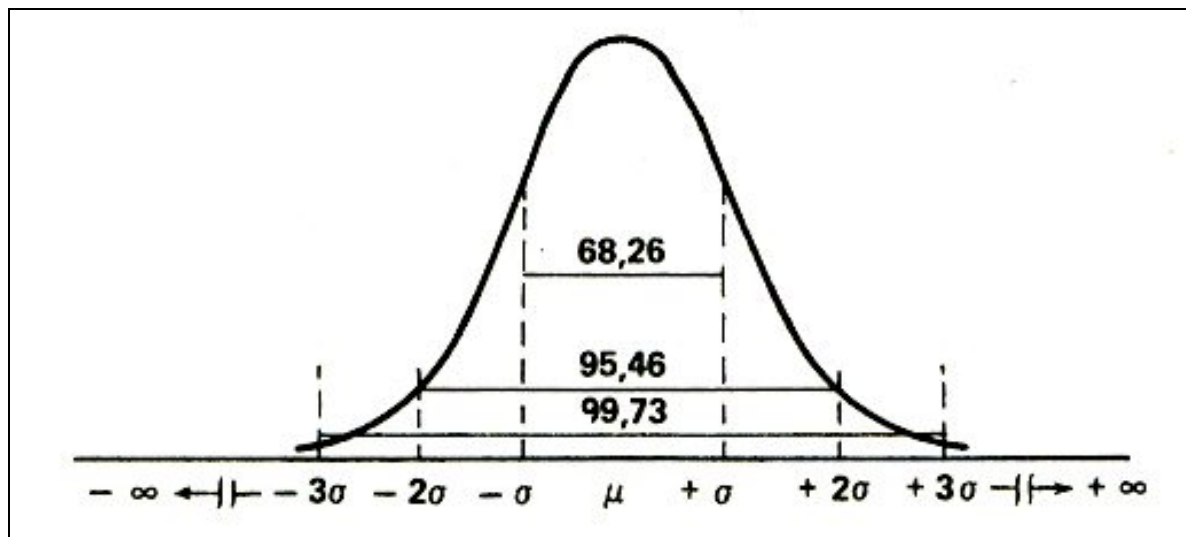


Рис. 19. Процент наблюдений (площадь), ограниченный кривой нормального распределения, для различных значений σ (из Моисейченко и др., 1994)

Как видно из рисунка, в области $\mu \pm \sigma$ находится 68,26% всех наблюдений, в области $\mu \pm 2\sigma$ – 95,46%, в области $\mu \pm 3\sigma$ – 99,73%.

Площадь под кривой, находящуюся на t стандартных отклонений влево и вправо от x , называют уровнем вероятности и выражают в процентах либо в долях единицы.

Для анализа результатов полевых опытов пользуются уровнем доверительной вероятности, равным 0,95, и записывают его символом $P_{0,95}$, а для более ответственных анализов – уровнем 0,99 ($P_{0,99}$). На уровне доверительной вероятности $P_{0,95}$ исследователь, утверждая или отрицая какое-либо явление, положение, рискует ошибиться в 5 случаях из 100, на уровне $P_{0,99}$ – в 1 случае из 100.

Малые выборки. Наряду с большими выборками ($n > 30$) в агрономических исследованиях часто пользуются выборками с $n < 30$. Например, в опыте может быть 4-8 повторностей или 10-12 вариантов. Выборки, составляющие менее 30 членов, называют **малыми выборками**; на них нельзя переносить

силь законы больших чисел. Для малых выборок применяют распределение вероятностей Стъюдента (В.С. Госсета), которое получило название закона малых выборок, и критерий Стъюдента, обозначааемый буквой t . По таблице 1 приложений можно найти величину вероятности, зная значение t , либо значение t , зная величину вероятности. Предварительно рассчитывают число степеней свободы (ν) - число возможных независимых сравнений.

Пусть имеется шесть повторностей ($n = 6$), от каждой из которых зависит средняя арифметическая \bar{x} . Чтобы получить число степеней свободы повторностей (ν_p), т. е. число не связанных друг с другом элементов, уменьшают число повторностей на единицу. Тогда $\nu_p = n - 1$. Число степеней свободы для вариантов (ν_v) вычисляют по формуле $\nu_v = l - 1$, где l - число вариантов. Для шести повторностей опыта $\nu_p = n - 1 = 6 - 1 = 5$. Критерий Стъюдента $t_{0,95} = 2,57$. Отыскав в первой колонке таблицы число 5 и в третьей критерий 2,57, приходят к заключению, что опыт проводится на уровне доверительной вероятности $P_{0,95}$, вполне достаточной для полевого опыта. Выбрав уровень вероятности и рассчитав критерий t , можно найти оптимальное число повторностей, прибавив к числу степеней свободы единицу. Пусть в опыте $P_{0,95}$, а $t_{0,95} = 3,18$. Тогда оптимальная повторность n составит $\nu_p + 1 = 3 + 1 = 4$.

Критерий достоверности (существенности). Критерий - это показатель, позволяющий судить о надежности выводов, подтверждающих или опровергающих статистическую гипотезу. Чаще всего пользуются нулевой гипотезой (H_0). Нулевая гипотеза - предположение об отсутствии реального различия между фактическими и ожидаемыми (теоретическими) наблюдениями, например различия между средними значениями вариантов по урожайности, росту растений и т. д. Для двух средних арифметических \bar{x}_1 и \bar{x}_2 нулевую гипотезу записывают так:

$$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0.$$

Для проверки статистических гипотез используют критерии достоверности. Синонимы термина «достоверность» – существенность, иногда значимость.

Для проверки нулевых гипотез используют параметрические и непараметрические критерии.

Параметрические критерии достоверности применимы лишь для нормального распределения. Это критерий Стьюдента (t) и критерий Фишера (F).

Критерий достоверности Стьюдента (t) прямо пропорционален разности средних арифметических ($x_1 - x_2$) или разности между долями ($p_1 - p_2$) и обратно пропорционален ошибке разности (s_d). Расчетное, фактическое значение критерия сравнивают с теоретическими значениями на определенных уровнях вероятности.

Критерий достоверности Фишера (F) прямо пропорционален дисперсии вариантов (s_v^2) и обратно пропорционален дисперсии остатка (s_z^2). Его фактическое значение сравнивают с теоретическим, которое находят в таблице 2 приложений.

Непараметрические критерии. Не все выборки из биологических объектов распределяются нормально, поэтому для проверки нулевых гипотез используют непараметрические критерии: χ -критерий, Т-критерий.

8.2. Статистические характеристики количественной и качественной изменчивости

8.2.1. Количественная изменчивость

Количественно изменяться могут масса урожая, процент сахаров, кислот, витаминов в плодах, высота растений, содержание питательных элементов в почве, т. е. все, что имеет массу, размер, объем и т. п. В свою очередь, количественную изменчивость подразделяют на непрерывную и прерывистую. Первая выражается в основном дробными числами, вторая – только целыми. Все перечисленные выше показатели представляют непрерывную изменчивость. Примером прерывистой изменчивости может быть число почек, завязей, плодов, листьев, побегов на растениях, число самих растений, т. е. все показатели, представляющие единое целое.

Ход анализа вариационных рядов количественной изменчивости зависит от объема выборки – малого (< 30 единиц) или большого (> 30 единиц). Как для малых, так и для больших выборок вычисляют следующие основные статистические

характеристики: среднюю арифметическую \bar{x} ; дисперсию s^2 ; стандартное отклонение s ; ошибку средней арифметической s_x , коэффициент вариации V ; относительную ошибку средней арифметической $s_x\%$. В конце анализа дают интервальную оценку средней арифметической.

Примером малых выборок может быть число повторностей от 3 до 6. К малым выборкам относится также число плодовых деревьев, кустов ягодников, винограда, овощных растений на опытной делянке в открытом грунте, число растений томата, огурца и бахчевых на опытных делянках в теплицах.

Пусть на опытных делянках имеется по четыре дерева ($n = 4$) и учитывается число плодов на вступающих в плодоношение яблонях сортов Лигол и Жигулевское (табл. 25).

Таблица 25. Число плодов на деревьях яблони в зависимости от сорта

Сорт	Число плодов по повторностям				Средняя арифметическая (\bar{x})
	I	II	III	IV	
Лигол	11	13	9	15	12
Жигулевское	20	6	12	10	12

Среднюю арифметическую рассчитывают по формуле

$$\bar{x} = \Sigma X / n,$$

где ΣX – сумма варьирующих показателей, в данном случае число плодов; n – число повторностей, равное 4.

Для сорта Лигол $\bar{x} = (11 + 13 + 9 + 15)/4 = 12$ плодов. Для сорта Жигулевское $\bar{x} = (20 + 6 + 12 + 10) / 4 = 12$ плодов. Средняя арифметическая – главный статистический показатель каждого вариационного ряда. Как видим, у двух изучаемых сортов средние арифметические абсолютно одинаковые, но размах вариации R разный. У Лигола $R_1 = X_{\max} - X_{\min} = 15 - 9 = 6$, а у Жигулевского $R_2 = 20 - 6 = 14$, т. е. число плодов у молодых деревьев Лигола варьирует меньше, чем у Жигулевского.

Дисперсия. При повторных исследованиях для других выборок одной и той же совокупности размах вариации может быть другим, т. е. он не является характерным показателем варьирования. Более полно вариационный ряд характеризует дисперсия s^2 - средний квадрат отклонений каждого члена вариационного ряда (X_1, X_2, \dots, X_n) от средней арифметической. Дисперсию вычисляют по формуле $s^2 = \Sigma(X - \bar{x})^2 / (n - 1)$.

Для вычисления дисперсии составляют таблицу (табл. 26).

Таблица 26. Вычисление квадратов отклонений от \bar{x}

Лигол				Жигулевское			
повтор- втор- ность	X	$X - \bar{x}$	$(X - \bar{x})^2$	повтор- втор- ность	X	$X - \bar{x}$	$(X - \bar{x})^2$
I	11	-1	1	I	20	8	64
II	13	1	1	II	6	-6	36
III	9	-3	9	III	12	0	0
IV	15	3	9	IV	10	-2	4
	$\bar{x} = 12$	$\Sigma = 0$	$\Sigma(X - \bar{x})^2 = 20$		$\bar{x} = 12$	$\Sigma = 0$	$\Sigma(X - \bar{x})^2 = 104$

Подставив данные в формулу, получают следующие дисперсии: $s^2_1 = 20 : (4-1) = 6,67$ плода и $s^2_2 = 104 : (4-1) = 34,7$ плода.

Дисперсии характеризуют не только величину изменения вариационных рядов, но и специфику варьирования. Дисперсия для второго сорта почти в шесть раз превосходит дисперсию для первого сорта.

Стандартное отклонение s представляет собой корень квадратный из дисперсии и вычисляется по формуле $s = \sqrt{s^2}$. Для сорта Лигол $s_1 = \sqrt{6,67} = 2,58$ плода, для сорта Жигулевское $s_2 = \sqrt{34,7} = 5,89$ плода. Как и дисперсия, стандартное отклонение выражается в тех же единицах измерения, что и характеризующий ими признак. Чем сильнее варьирует показатель, тем больше числовое значение стандартного отклонения.

В расчетах оно является более удобной характеристикой, чем дисперсия.

Коэффициент вариации. Дисперсия и стандартное отклонение непригодны, когда в опытах сравнивают изменчивость признаков, выраженных разными единицами измерения (масса урожая в тоннах, число плодов или длина побегов в см, площадь листьев в см^2 и др.). В этих случаях пользуются коэффициентом вариации. Коэффициент вариации V – это отношение стандартного отклонения s к средней арифметической, выраженное в процентах. $V = (s / \bar{x}) \times 100$. Коэффициент вариации числа плодов на деревьях Лигол составляет $V_1 = (2,58 / 12) \times 100 = 21,5\%$, а Жигулевского – $V_2 = (5,89 / 12) \times 100 = 49\%$, т. е. у последнего варьирование увеличено более чем в два раза.

Сравним вариационный ряд урожайности яблони, где средняя арифметическая $1,56$ т, а стандартное отклонение $s_1 = 0,15$ т, с вариационным рядом площади листьев, где средняя арифметическая $x_2 = 35,4 \text{ см}^2$, а стандартное отклонение $s_2 = 2,1 \text{ см}^2$. Коэффициент вариации урожайности составит $V_1 = (0,15 / 1,56) \times 100 = 9,62\%$, а площади листьев – $V_2 = (2,1 / 35,4) \times 100 = 5,93\%$.

Таким образом, расчет коэффициентов вариации свидетельствует, что урожайность варьирует в два раза сильнее, чем площадь листьев.

Коэффициент вариации не превышает 50%, если распределение симметрично; при асимметричных распределениях он может достигать 100% и более. Принято считать варьирование незначительным, если коэффициент вариации находится в пределах 10%, средним, если он равен 10-20%, и значительным, если он более 20%.

Варьирование урожая овощных культур в большинстве случаев незначительное и среднее, урожай винограда характеризуется средним и значительным варьированием. Коэффициент вариации используют для расчета объема выборки, числа повторностей при планировании опытов.

Ошибка выборочной средней. Величины средних арифметических имеют ошибки, которые возникают в результате неполной представительности выборочной совокупности.

Эти ошибки свойственны только выборочному методу исследования, их числовое значение зависит как от степени изменчивости изучаемого признака, так и от объема выборки. Ошибку выборочной средней $s_{\bar{x}}$ вычисляют по следующей формуле:

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n(n-1)}}.$$

В нашем примере с двумя сортами яблони и четырьмя повторностями ($n = 4$), где уже вычислены значения $\sum (X - \bar{x})^2$, ошибка выборочной средней для яблони сорта Лигол составит

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{20}{4(4-1)}} = 1,29,$$

а для сорта Жигулевское –

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{104}{4(4-1)}} = 2,94.$$

Ошибку стандартного отклонения s_s рассчитывают по формуле $s_s = s/\sqrt{2n}$. Формула для расчета ошибки коэффициента вариации (s_v) имеет вид $s_v = v / \sqrt{2n}$. Все эти ошибки выражают в тех же единицах, что и варьирующий признак, приписывая их к соответствующим характеристикам $x \pm s_x$. Таким образом определяют предельное числовое значение средней арифметической. Если это значение желают определить с вероятностью 0,997, то s_x утраивают: $x \pm 3 s_x$. Тогда на уровне вероятности $P_{0,997}$ наименьшее значение средней арифметической для плодов сорта Лигол будет $x - 3 \times s_x = 12 - (3 \times 1,29) = 8,13$ плода, а наибольшее – $x + 3 \times s_x = 12 + (3 \times 1,29) = 15,87$ плода. На уровне вероятности $P_{0,95}$ предельное значение определяют, вычитая или прибавляя к средней арифметической $2s_x$, тогда наименьшее значение будет $x - 2s_x = 12 - (2 \times 1,29) = 9,42$ плода, а наибольшее – $x + 2s_x = 12 + (2 \times 1,29) = 14,58$ плода.

Относительная ошибка выборочной средней $s_x\%$ - это отношение ошибки выборочной средней к соответствующей средней арифметической, выраженное в процентах и определяемое по следующей формуле:

$$s_{\bar{x}} \% = (s_{\bar{x}} / \bar{x}) \times 100.$$

Чем меньше относительная ошибка, тем выше точность средней арифметической. Точность принято считать высокой при $s_{\bar{x}} \% < 3\%$, средней – при $s_{\bar{x}} \% = 3-6\%$ и низкой – при $s_{\bar{x}} \% > 6-7\%$. В опытах с плодовыми деревьями, урожай которых значительно варьирует, относительные ошибки достигают 10% и более. Однако эти опыты не должны вызывать сомнений, ибо полученные в них данные реально отражают особенности многолетних растений.

Для больших выборок при расчете статистических характеристик наиболее удобен способ условной средней, т. е. от произвольного начала А. При этом способе все данные ранжируют, выделяют группы с определенным интервалом i , определяют частоты f , т. е. число членов в каждой группе вариационного ряда.

Вариационный ряд – ряд ранжированных чисел, для которых указаны значения варьирующего признака и соответствующие им частоты (т. е. сколько раз повторяется тот или иной признак).

Пример. В опытах с рассадой томата у каждого растения учитывали высоту растения рассады в сантиметрах. На каждой опытной деланке было по 40 растений. После учета располагают результаты измерений в возрастающем порядке, т. е. ранжируют этот ряд: 15,0; 16,0; 16,2; 17,5; 18,4; 18,8; 19,0; 19,6; 20,3; 21,0; 22,1; 22,5; 23,2; 24,7; 25,0; 25,5; 25,7; 26,4; 26,6; 26,9; 27,1; 27,5; 28,0; 28,3; 28,4; 29,5; 29,6; 30,7; 30,9; 31,0; 31,2; 32,2; 33,3; 33,4; 34,6; 35,6; 35,8; 37,0; 37,2; 37,6. Общее число растений, т. е. объем выборки равен 40 ($n = 40$).

Для составления вариационного ряда число групп (гр.) ориентировочно вычисляют по формуле $Гр. = \sqrt{n} = \sqrt{40} = 6$ групп. Как правило, при объеме выборки 30-60 берут 6-7 групп, при 60-100 наблюдениях – 7-8, при более чем 100 наблюдениях – 8-15 групп.

Обозначив значение изучаемого показателя знаком X , вычисляют интервал класса i по формуле

$$i = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{Гр.} = \frac{37,6 - 15,0}{6} = 3,8 \text{ см.}$$

Сумма всех частот должна равняться объему выборки, в приведенном случае $\Sigma f = n = 40$.

В каждой последующей группе начальное значение берется с прибавлением числа 3,8, а предельное - с прибавлением числа 3,7, т. е. $15,0 + 3,7 = 18,7$; $18,8 + 3,7 = 22,5$. При этом все числа четко распределяются по группам.

Среднее значение группы вычисляют путем сложения первого и последнего чисел каждого класса с последующим делением на 2 и округлением до целого числа: $(15,0 + 18,7) : 2 = 16,85 = 16,9$.

Из средних значений класса выбирают произвольное начало А, т. е. число, имеющее наибольшую частоту f. Это будет 28,3 с $f = 10$. Для облегчения расчета можно пользоваться данными таблицы 27.

Таблица 27. Таблица для обработки вариационного ряда

Группа, см	Х – среднее значение группы, см	Частота f	Отклонение (X-A)	f(X-A)	(X-A) ²	f(X-A) ²
15,0-18,7	16,9	5	-11,4	-57,0	129,96	649,80
18,8-22,5	20,7	7	-7,9	-55,3	62,41	436,87
22,6-26,3	24,5	5	-3,8	-19,0	14,44	72,20
26,4-30,1	28,3	10	0	0	0	0
30,2-33,9	32,1	7	3,8	26,6	14,44	93,10
34,0-37,7	35,9	6	7,6	45,6	57,76	346,56
$\Sigma =$		40	-11,7	-59,1	279,01	1598,53

Ход вычислений.

1. Вычитая из каждого среднего произвольное начало, получают отклонения X-A: -11,4; -7,9; -3,8 и т. д. Затем вычисляют произведение частоты каждой группы на отклонение f(X-A) и сумму этих произведений $\Sigma f(X-A) = -11,7$.

2. Возводят каждое отклонение в квадрат и умножают полученное значение на частоту: $(-11,4)^2 = 129,6$; $f(X-A)^2 = 5 \times 129,6 = 649,8$ и т. д. Сложив эти произведения, получают $\Sigma f(X-A)^2 = 1598,53$.

3. Вычисляют произвольный момент первой степени

$$b = \frac{\sum f(X - A)}{n} = \frac{-59,1}{40} = -1,5.$$

4. Средняя арифметическая $\bar{x} = A - b = 28,3 - 1,5 = 26,8 \text{ см.}$

5. Корректирующий фактор $C = \frac{\sum f(X - A)^2}{n} = \frac{1598,53}{40} = 39,96.$

6. Дисперсия $s^2 = \frac{\sum f(X - A)^2 - C}{n - 1} = \frac{1598,53 - 39,96}{40 - 1} = 39,96.$

7. Стандартное отклонение $s = \sqrt{s^2} = \sqrt{39,96} = 6,32.$

8. Коэффициент вариации $V = \frac{s \times 100}{\bar{x}} = \frac{6,32 \times 100}{26,8} = 23,6 \%$.

9. Ошибка выборочной средней $s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{6,32}{\sqrt{40}} = 1,0 \text{ см.}$

10. Относительная ошибка средней арифметической

$$s_{\bar{x}} \% = \frac{s_{\bar{x}} \times 100}{\bar{x}} = \frac{1,0 \times 100}{26,8} = 3,73 \%.$$

Дается интервальная оценка средней арифметической на двух уровнях доверительной вероятности: $P_{0,95}$ и $P_{0,99}$. Сначала рассчитывают число степеней свободы по формуле $\nu = n - 1 = 40 - 1 = 39$. По таблице Стьюдента (таблица 1 приложений) находят критерий $t_{0,95} = 2,04$ и $t_{0,99} = 2,75$ и подставляют в формулу $\bar{x} \pm t s_{\bar{x}}$. Для уровня $P_{0,95}$ получают $26,8 \pm (2,04 \times 1,0) = 26,8 \pm 2,04 = 24,8 - 28,8 \text{ см.}$ Итак, на уровне $P_{0,95}$ к данному вариационному ряду не принадлежат растения с высотой менее 24,8 и более 28,8 см.

Для наглядного представления изучаемых показателей их вариационные ряды изображают графически. По оси абсцисс откладывают средние значения групп, а по оси ординат – соответствующие частоты.

Выводы.

1. Средняя арифметическая равна 26,8 см.
2. Коэффициент вариации (23,6%) свидетельствует о среднем варьировании высоты растений томата в рассадный период.
3. Значение относительной ошибки средней (3,73%) указывает на высокую точность ее определения.
4. К данному вариационному ряду относятся растения с

высотой на уровне $P_{0,95} = 21,2 - 32,4$ см.

5. Одновершинная кривая свидетельствует об однородности выборки.

8.2.2. Качественная изменчивость

При качественной изменчивости в выборке имеется одна из двух возможностей (альтернатив): данный признак есть или отсутствует. Такую изменчивость называют еще альтернативной. В опытах с качественной изменчивостью вместо измерений какого-либо показателя подсчитывают число объектов с тем или иным признаком. Примеры качественной изменчивости: число поврежденных и здоровых плодов или растений; число подмерзших побегов, прижившихся и неприжившихся растений рассады овощных культур или саженцев многолетних растений; число порченных и здоровых плодов в хранилищах; число банок доброкачественного и недоброкачественного продукта после консервирования и т. п.

Для анализа качественной изменчивости вычисляют следующие статистические характеристики: долю наличия признака p , долю отсутствия признака q , показатель изменчивости качественного признака s , коэффициент вариации V_p и ошибку выборочной доли s_p . Общий объем выборки обозначают буквой N , а число объектов с данным признаком – n .

Доля наличия признака – это отношение числа объектов с данным признаком к общему числу объектов, т. е. к объему выборки, рассчитанное по формуле $p = n / N$. Пусть в выборке из 100 плодов томата сорта Волгоградский 5/95 30 поражены фитофторой, а в выборке из 100 плодов сорта Новичок – 10. Обозначив характеристики для сорта Волгоградский 5/95 p_1 , n_1 , N_1 , а для сорта Новичок p_2 , n_2 , N_2 , получим следующее значения:

$$p_1 = \frac{n_1}{N_1} = \frac{30}{100} = 0,3; \quad p_2 = \frac{n_2}{N_2} = \frac{10}{100} = 0,1.$$

Доля отсутствия признака – это разность между целым, т. е. единицей, и долей наличия признака, рассчитанная по формуле $q = 1 - p$. Для сорта Волгоградский 5/95 $q_1 = 1 - p_1 = 1 - 0,3 = 0,7$, для сорта Новичок $q_2 = 1 - p_2 = 1 - 0,1 = 0,9$.

Показатель изменчивости качественного признака для альтернативной изменчивости, т. е. когда изучаемый объект имеет две градации, как в нашем случае (пораженные и непораженные плоды), рассчитывают по формуле $S = \sqrt{pq}$. Для сорта Волгоградский 5/95 $S_1 = \sqrt{p_1 q_1} = \sqrt{0,3 \times 0,7} = 0,458$, а для сорта Новичок $S_2 = \sqrt{p_2 q_2} = \sqrt{0,1 \times 0,9} = 0,3$.

Максимальная изменчивость наблюдается при $p = q = 0,5$. При этом показатель изменчивости также равен

$$0,5: S_{\max} = \sqrt{0,5 \times 0,5} = 0,5.$$

Если изучаемый объект имеет более двух градаций, например, в выборке есть плоды томата зеленые, бурые, спелые и перезревшие, то показатель изменчивости вычисляют по формуле $S = \sqrt[k]{p_1 p_2 \dots p_k}$ где $p_1 p_2 \dots p_k$ - доли признака от общего объема выборки; k - число градаций признака. Так, если среди 100 плодов томата оказалось 15 зеленых, 35 бурых, 40 спелых и 20 перезревших, то при $k = 4$ показатель изменчивости будет $s = \sqrt[4]{0,15 \times 0,35 \times 0,40 \times 0,2} = 0,214$.

Коэффициент вариации – отношение показателя изменчивости к его максимальному значению, выраженное в процентах, вычисляют по формуле $V_p = (s/s_{\max}) \times 100$.

Для сорта Волгоградский 5/95 коэффициент вариации составит $V_{p1} = (0,458/0,5) \times 100 = 91,6\%$, а для сорта Новичок $V_{p2} = (0,3/0,5) \times 100 = 60\%$. Максимальное значение коэффициента вариации 100% наблюдается при $s = s_{\max} = 0,5$.

Ошибка выборочной доли – это мера отклонения от доли наличия признака, которую для альтернативной изменчивости вычисляют по формуле $S_p = \sqrt{(p \times q/N)}$. Для сортов Волгоградский 5/95 и Новичок ошибка выборочной доли составит $S_{p1} = \sqrt{(p_1 \times q_1/N_1)} = \sqrt{0,3 \times 0,7/100} = 0,046$; $S_{p2} = \sqrt{(p_2 \times q_2/N_2)} = \sqrt{0,1 \times 0,9/100} = 0,03$.

Интервальную оценку доли дают по формуле $p \pm 2 s_p$ на уровне доверительной вероятности $P_{0,95}$ и $p \pm 3 s_p$ на уровне вероятности $P_{0,99}$. Эти интервалы для сорта Волгоградский 5/95 при $P_{0,95}$ составят $0,3 \pm (2 \times 0,046)$, т. е. $0,3 - 0,092 = 0,208$ и $0,3 + 0,092 = 0,392$. Итак, нижняя граница интервала – 0,208 доли,

а верхняя – 0,392 доли. Если градаций более двух, то ошибку выборочной доли вычисляют по формуле, где $S_p = S/\sqrt{N}$, где S показатель изменчивости, а N – объем выборки. Для примера со 100 плодами томата, имеющими четыре градации зрелости и $s = 0,214$, значение ошибки выборочной доли составит $S_p = 0,214/\sqrt{100} = 0,021$.

8.3. Основные задачи вариационной статистики

Математическую статистику используют прежде всего для планирования опытов. В хорошо спланированном опыте должно быть достаточное число вариантов, повторностей, все варианты в начале опыта должны находиться в одинаковых условиях. Важен также выбор метода статистической обработки результатов.

Одной из важных задач математической статистики является отбор в спланированном и заложенном опыте объектов для исследований, которые будут объективно отражать влияние изучаемых факторов. В данном случае речь идет об использовании метода рендомизации при отборе образцов для опыта.

Не менее важно определить число образцов для исследований, т. е. оптимизировать объем выборки.

В процессе предварительной обработки данных приходится иногда восстанавливать выпавшие даты (числа), а также браковать сомнительные. С этой целью для малых выборок используют критерий тау (τ), а для больших – интервальную оценку средних арифметических по формуле $\bar{x} \pm t_s$.

В проведенном опыте определяют достоверность различий между средними арифметическими исследуемых выборок. Эти задачи решают с применением критериев достоверности t , F , а также наименьшей существенной разности (НСР). Во многих исследованиях возникает необходимость определить взаимосвязи и зависимости между различными показателями, для чего используют коэффициент корреляции (r) и корреляционное отношение (η).

Прогнозируют или отыскивают неизвестные показатели по уже известным с помощью регрессионного анализа, составляя уравнения регрессии для линейных и криволинейных зависимостей.

Почти во всех исследованиях возникает вопрос о точности опытов. Ее характеризуют значением относительной ошибки $s_x\%$.

8.4. Подготовка данных к статистической обработке

Перед статистической обработкой данные необходимо соответствующим образом подготовить: округлить, вычислить средние арифметические по каждой опытной деланке и варианту, выбраковать сомнительные и восстановить выпавшие даты, преобразовать их.

8.4.1. Округление опытных данных

В исследованиях пользуются следующим правилом: **для получения достаточно точных чисел необходимы опытные данные с тремя значащими цифрами.** Так, если первый урожай молодых деревьев яблони составляет 235 кг/га, то его следует записать 0,235 т/га, последующий урожай 2852 кг/га - 2,85 т/га, урожай 21736 кг/га - 21,7 т/га.

Для более тщательного округления используют уменьшенное в 4 раза стандартное отклонение определенного вариационного ряда. Если первой значащей цифрой для $s/4$ окажется целое число, то данные округляют до целого числа. В примере с суммарной длиной однолетних ветвей сеянцев яблони $s = 16,8$ см, а $1/4 \times s = 4,2$. Таким образом, числа 92,3; 111,8 и т. п. надо округлять до целого числа – 92; 112. Если бы s было равно 1,6, то $1/4 \times s$ равнялась бы 0,4, следовательно, первой значащей цифрой была бы десятая и данные следовало бы округлять до десятых – 16,4.

При расчете суммы квадратов берут дополнительную цифру, т. е. если исходные данные имеют десятые доли, то квадраты вычисляют до сотых. Если цифра за последней значащей цифрой больше 5 или после 5 следует цифра больше нуля, то последнюю значащую цифру увеличивают на единицу. Так, числа 44,67 и 44,651 округляют до 44,7. Если за последней значащей цифрой стоят нули, то последнюю значащую нечетную цифру увеличивают на единицу: $44,550 = 44,6$, а четная цифра остается неизменной: $44,450 = 44,4$.

8.4.2. Вычисление средних арифметических

Вычисление простых средних арифметических было показано выше. Однако иногда в опытах урожай собирают с разных площадей. Так, на участке размером 0,5 га урожай винограда (X_1) составил 13,0 т/га, а на участке в 16 га (X_2) – 11,0 т/га. Средняя арифметическая, рассчитанная по формуле простой, $\bar{x} = (13,0 + 11,0)/2 = 12,0$ т/га. Но так как площади участков очень различаются, следует вычислять взвешенную среднюю арифметическую

$$\bar{x}_{взв} = \frac{x_1 \times f_1 + x_2 \times f_2 + \dots + x_n \times f_n}{\sum f} = \frac{13,0 \times 0,5 + 11,0 \times 16}{0,5 + 16} = 11,1 \text{ т / га}$$

Таким образом, она будет на 0,9 т меньше средней арифметической.

После вычисления средних арифметических по каждой опытной делянке или по отдельным растениям и кустам многолетних растений необходимо проверить гипотезу о принадлежности «сомнительных» дат к совокупности. Речь идет о браковке тех дат, которые достоверно отличаются от всех остальных в конкретных вариационных рядах.

8.4.3. Браковка сомнительных дат

Сомнительные даты, которые значительно отличаются от всех остальных дат данного варианта, определяют только с помощью математической статистики. Субъективная браковка дат недопустима.

Пример. В одном из вегетационных опытов, где была шестикратная повторность в варианте с двойной дозой азота, учли массу растений салата и получили следующие результаты, г на сосуд: 19,8; 17,0; 11,1; 18,9; 20,0; 21,0. Чтобы убедиться, что все даты принадлежат к данному вариационному ряду, выполняют следующие операции.

1. Ранжируют вариационный ряд в возрастающем порядке: 10,1; 17,0; 18,9; 19,8; 20,0; 21,0. Двум первым и двум последним датам присваивают номера X_1 , X_2 , X_{n-1} , X_n . Наиболее

сомнительными будут крайние, т. е. 10,1 и 21,0. Их сомнительность проверяют путем расчета критерия тау (τ) для X_1 и X_n по следующим формулам:

$$\tau_1 = \frac{x_2 - x_1}{x_{n-1} - x_1} = \frac{17,0 - 10,1}{20,0 - 10,1} = 0,697;$$

$$\tau_n = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_2} = \frac{21,0 - 20,0}{22,0 - 17,0} = 0,20.$$

2. Находят критерии τ теоретические (таблица 6 приложений). При значении $n = 6$ — $\tau_{0,95} = 0,689$; $\tau_{0,99} = 0,805$.

3. Сравнивают критерии τ расчетные с теоретическими. Если τ расчетные $>$ τ теоретических, то проверяемая дата сомнительна.

Выводы. Так как $\tau_1 = 0,697$, т. е. больше $\tau_{0,95}$ и $\tau_{0,99}$, то проверяемая дата 10,1 сомнительна и должна быть забракована. Это утверждается только на уровне доверительной вероятности $P_{0,95}$, а на уровне $P_{0,99}$ проверяемая дата (10,1) браковаться не должна; $\tau_n = 0,20$, т. е. меньше $\tau_{0,95}$ и $\tau_{0,99}$, следовательно, проверяемая дата 21,0 не является сомнительной и не должна браковаться.

Итак, среднюю арифметическую следует вычислять не из шести, а из пяти оставшихся дат: $(17,0 + 18,9 + 19,8 + 20,0 + 21,0) : 5 = 19,34$ г.

Без браковки сомнительной даты средняя арифметическая была бы заниженной: $x = (10,1 + 17,0 + 18,9 + 19,8 + 20,0 + 21,0) : 6 = 17,8$ г.

Подобным образом браковать сомнительные даты по вышеприведенным формулам можно при числе повторностей не менее 4.

8.4.4. Восстановление выпавших дат

Обработка данных часто осложняется выпадением дат на некоторых делянках опыта (повреждения растений птицами, вредителями, затопление делянки после ливней, проезд транспорта и т. д.).

Из-за выпадения дат средние арифметические в вариантах могут быть либо завышены, если выпала дата с низким числовым значением, либо занижены, если выпала дата с

большим числовым значением. В результате возникают ошибки, которые можно устранить, если выпавшие даты восстановить, т. е. вычислить их наиболее вероятные значения. При выпадении одной даты пользуются формулой

$$x_{\text{вос}} = \frac{l \times V + n \times P - \sum X}{(l-1) \times (n-1)},$$

где l – число вариантов; V – сумма дат в варианте, где выпадала дата; n – число повторностей в опыте; P – сумма дат в повторности, где выпала дата; $\sum X$ – сумма дат во всем опыте.

Пусть в опыте с морковью (табл. 28) в третьем повторении второго варианта отсутствует показатель урожайности, который надо восстановить.

Таблица 28. Урожайность моркови, т/га
(X – выпавшая дата)

Вариант	Повторение			V и $\sum X$
	I	II	III	
Контроль (без удобрений)	35,4	36,2	34,5	
$N_{60}P_{60}K_{60}$	39,1	40,3	X	$V = 39,1 + 40,3 = 79,4$
$N_{60}P_{90}K_{60}$	42,3	43,1	41,6	$\sum X = 35,4 + 36,2 + 34,5 + 39,1 + 40,3 + 42,3 + 43,1 + 41,6 + 44,6 + 45,2 + 43,7 = 446,0$
$N_{60}P_{90}K_{90}$	44,6	45,2	43,7	

$$l = 4; n = 3; P = 34,5 + 41,6 + 43,7 = 119,8.$$

$$X_{\text{вос}} = \frac{(4 \times 79,4) + (3 \times 119,8) - 446,0}{(4-1)(3-1)} = 38,5.$$

Восстановленную дату ставят на место выпавшей и проводят дисперсионный анализ. Применяемая методика не влияет существенно на средние арифметические и значительно облегчает обработку данных.

При выпадении нескольких дат используют метод, рекомендуемый для опытов с неполным числом данных.

8.4.5. Преобразования исходных дат

Не всегда результаты исследований подчиняются законам нормального распределения, иногда имеется неоднородность дисперсий по выборкам, наблюдаются большие варьирования

по вариантам опыта. В таких случаях проводят следующие преобразования.

1. Если данные в опытах, где учитывают, например, численность сорняков, вредителей, распространение болезней, выражаются большими числами, их преобразуют путем извлечения корня квадратного из X (\sqrt{x}). Например, если в почве в одном из повторений число семян сорняков составляет 5671 на 1 м^2 , тогда $X_{\text{преобр}} = \sqrt{5671} = 75$.

2. Если результаты исследований выражены числами, близкими к нулю, их преобразуют по формуле $\sqrt{(x+1)}$.

3. Если некоторые наблюдения равны нулю, например, баллом 0 выражают отсутствие подмерзания почек, результаты таких наблюдений трансформируют в $\lg X$ или в $\lg (X+1)$.

4. Если наблюдаемые показатели выражены в процентах, например степень поражения листьев томата фитофторой, результаты учетов преобразовывают в угол-арксинус $\times \sqrt{\text{процент}}$ (используя данные таблицы 9 приложений). Такие преобразования делают при числовых значениях показателей от 0 до 15 и от 85 до 100%, так как здесь можно сильно снизить варьирование. Данные в пределах 15-85% в преобразовании не нуждаются. Так, если поражение листьев болезнью составило 9,3%, то угол-арксинус $\times \sqrt{\text{процент}}$ будет равен 17,8.

5. Данные опытов, в которых определяют действие повреждающих факторов, например летальные дозы радиации, преобразуют в пробиты. Так, при гибели 67% растений пробит составляет 5,44.

Преобразованные даты обрабатывают методом дисперсионного анализа, оценивают достоверность разности между вариантами, а затем возвращаются к исходным данным.

8.4.6. Выбор метода статистической обработки данных

Если данные по каждой экспериментальной единице, например по опытной делянке, не кажутся сомнительными, вычисляют средние арифметические по вариантам и проводят статистический анализ результатов опыта.

Метод анализа результатов полевых опытов зависит от способа размещения вариантов. При рендомизированном размещении повторений используют дисперсионный анализ рендомизированных повторений, при полной рендомизации – дисперсионный анализ полной рендомизации, при размещении латинским квадратом – дисперсионный анализ латинского квадрата и т. д.

Многофакторные опыты можно размещать методами рендомизированных повторений, расщепленных делянок, смешивания. Результаты подвергают соответствующим дисперсионным анализам – рендомизированных повторений, расщепленных делянок, смешивания.

Данные вегетационных опытов, а также опытов по технологии хранения плодоовощной продукции обрабатывают теми же методами, что и данные полевых опытов, размещенных методом полной рендомизации. Результаты опытов, размещенных стандартными методами, обрабатывают разностным методом, предназначенным для сопряженных выборок.

Если варианты в опыте размещены систематически (что в настоящее время не рекомендуется), результаты обрабатывают дробным методом. При обработке показателей качественной изменчивости достоверность разницы определяют по критерию Стьюдента.

Соответствие между наблюдаемыми и теоретическими распределениями в генетических исследованиях оценивают по критерию χ .

Зависимости между различными показателями растений, между растениями и их средой определяют с помощью корреляционного и регрессионного анализов.

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность нормального распределения?
2. Что такое малые выборки?
3. Что такое критерий достоверности?
4. В чем разница между параметрическими и непараметрическими критериями проверки нулевых гипотез?
5. Что такое дисперсия?

6. Что такое коэффициент вариации?
7. Каковы основные задачи вариационной статистики?
8. Каковы принципы округления опытных данных?
9. Каким образом бракует сомнительные данные?
10. Как восстанавливают выпавшие данные?
11. Каким образом можно преобразовать исходные данные?
12. Каковы принципы выбора метода статистической обработки данных?

ГЛАВА 9. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

9.1. Сущность и основы метода

Предположим, что проведен полевой опыт, размещенный методом рендомизированных повторений. Основной его показатель – урожайность – изменяется по вариантам, повторениям, а также из-за случайных причин – неучтенного варьирования условий среды и самих растений. Р. Фишер выразил эти изменения суммами квадратов следующих рассеиваний: вариантов – C_v , повторений – C_p , ошибки – C_z . Их суммирование дает сумму квадратов общего рассеивания $C_y = C_v + C_p + C_z$.

Для каждого рассеивания вычисляют число степеней свободы v по следующим формулам: $v_v = N - 1$; $v_p = l - 1$; $v_d = n - 1$; $v_z = (l - 1)(n - 1)$. Путем деления суммы квадратов на соответствующее число степеней свободы получают дисперсию s^2 . Слово «дисперсия» означает рассеивание данных опыта и расчленение общего варьирования изучаемых показателей на составные части. Отсюда и название метода – дисперсионный анализ. Для дисперсионного анализа представляют интерес дисперсия вариантов s_v^2 и дисперсия ошибки s_z^2 . Соотношение дисперсий – это тот критерий, который позволяет дать общую оценку достоверности различий между средними арифметическими опыта. В честь автора дисперсионного анализа критерий обозначили первой буквой его фамилии F (критерий Фишера). F вычисляют по формуле $F = s_v^2 / s_z^2$.

Расчетный фактический критерий $F_{\text{факт}}$ сравнивают с тео-

ретическим $F_{\text{теор}}$, который находят по таблицам. Если $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$, то достоверность различий в опыте доказана, т. е. имеется одна или несколько пар вариантов, средние арифметические которых достоверно различаются. Если $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$, то достоверных различий между вариантами нет. Бывают случаи, когда $F_{\text{факт}}$ лишь несколько меньше $F_{\text{теор}}$. Строго следуя правилу, изложенному выше, можно сделать вывод об отсутствии достоверной разницы в опыте. Однако дальнейший анализ позволяет иногда найти эту разницу хотя бы в 1-2 вариантах. Поэтому в подобных случаях, не ограничиваясь расчетом F , следует продолжить вычисления до наименьшей существенной разности НСР. С этим показателем сравнивают разницу между двумя любыми вариантами ($d = x_1 - x_2$). Если $d > \text{НСР}$, то разницу между анализируемыми вариантами считают доказанной. Доказательства чаще всего ведут на уровнях доверительной вероятности $P_{0,95}$ и $P_{0,99}$.

Дисперсионный анализ – наиболее совершенный метод статистической обработки данных, но он применим только к опытам, размещенным методом рендомизации.

Преимущества дисперсионного анализа заключаются в вычленении из общего варьирования его компонентов, в вычислении обобщенной ошибки всего опыта E на основе большего числа наблюдений, чем индивидуальные ошибки отдельных вариантов в недисперсионных методах. Так, при пяти вариантах и четырех повторностях число степеней свободы ошибки составляет $(5-1) \times (4-1) = 12$, тогда как для каждого варианта опыта оно составляет $(4-1) = 3$. Дисперсионный анализ особенно ценен для многофакторных опытов, так как позволяет определить достоверность не только действия, но и взаимодействия факторов.

В конце дисперсионного анализа вычисляют относительную ошибку всего опыта $s_{x\%} = (E/x_N) \times 100$, где E – обобщенная ошибка опыта; x_N – средняя арифметическая всего опыта.

По числовому значению относительной ошибки судят о точности опыта.

9.2. Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта с однолетними и многолетними садовыми культурами

9.2.1. Опыт, размещенный методом рендомизированных повторений с полным набором повторностей

В опыте с применением регуляторов роста на капусте белокочанной сорта Касатка семь вариантов ($l = 7$) и три повторности ($n = 3$). Общее число делянок в опыте $N = l \times n = 7 \times 3 = 21$. После подготовки данных к анализу их записывают в таблицу (табл. 29) и вычисляют средние \bar{x} по вариантам.

Таблица 29. Урожайность капусты белокочанной \bar{X} , т/га, в зависимости от вида регулятора роста

Вариант	\bar{X}			Сумма V	\bar{X}
	I	II	III		
1. Контроль	44,5	48,0	48,2	140,7	46,9
2. Альбит	46,3	53,4	49,1	148,8	49,6
3. Агат-25К	49,7	53,2	50,1	153,0	51,0
4. Перекись водорода	51,6	54,2	53,2	159,0	53,0
5. Крезацин	48,6	53,1	49,8	151,5	50,5
6. Эпин экстра	47,5	51,6	50,6	149,7	49,9
7. Циркон	55,6	52,2	52,7	160,5	53,5

Выдвигают нулевую гипотезу H_0 : между средними арифметическими достоверной разницы нет. Для проверки гипотезы выполняют ряд последовательных вычислений.

1. Определяют среднюю арифметическую всего опыта по формуле

$$\bar{x}_N = \frac{\sum x}{N} = \frac{46,9 + 49,6 + 51,0 + 53,0 + 50,5 + 49,9 + 53,5}{7} = 50,6.$$

Значение \bar{x}_N берут за произвольное начало $A = 50,6$, которое вычитают из каждого значения \bar{X} ($44,5 - 50,6 = -6,1$; $48,0 - 50,6 = -2,6$ и т. д.), и составляют таблицу отклонений (табл. 30).

Таблица 30. Отклонения от произвольного начала (X - A)

Номер варианта	X-A по повторениям			Сумма V
	I	II	III	
1	-6,1	-2,6	-2,4	-11,1
2	-4,3	2,8	-1,5	-3,0
3	-0,9	2,6	-0,5	1,2
4	1,0	3,6	2,6	7,2
5	-2,0	2,5	-0,8	-0,3
6	-3,1	1,0	0,0	-2,1
7	5,0	1,6	2,1	8,7
Сумма P	-10,4	11,5	-0,5	0,6

Проверяют равенство $\Sigma P = \Sigma V = \Sigma X = 0,6$, затем возводят все отклонения в квадрат: $(-6,1)^2 = 37,21$; $(-2,6)^2 = 6,76$ и т.д.

2. Корректирующий фактор $C = (\Sigma X)^2 / N = (0,6)^2 / 21 = 0,03$.

3. Сумма квадратов общего рассеивания $C_y = \Sigma X^2 - C = (6,1^2 + 2,6^2 + 2,4^2 + 4,3^2 + \dots + 2,1^2) - 0,03 = 160,32 - 0,03 = 160,29$.

4. Сумма квадратов рассеивания повторений $C_p = \Sigma P^2 / l - C = (10,4^2 + 11,5^2 + 0,5^2) / 7 - 0,03 = 240,66 : 7 - 0,03 = 34,38 - 0,03 = 34,35$.

5. Сумма квадратов рассеивания вариантов $C_v = \Sigma V^2 / n - C = (11,1^2 + 3,0^2 + 1,2^2 + 7,2^2 + 0,3^2 + 2,1^2 + 8,7^2) / 3 - 0,03 = 265,68 : 3 - 0,03 = 88,56 - 0,03 = 88,53$.

6. Сумма квадратов рассеивания ошибки $C_z = C_y - C_p - C_v = 160,29 - 34,35 - 88,53 = 34,71$.

7. Число степеней свободы для этих же рассеиваний $v_y = N - 1 = 21 - 1 = 20$; $v_p = n - 1 = 3 - 1 = 2$; $v_v = l - 1 = 7 - 1 = 6$; $v_z = 20 - 2 - 6 = 12$.

8. Составляют таблицу результатов дисперсионного анализа (табл. 31).

Таблица 31. Результат дисперсионного анализа

Рассеивание	Сумма квадратов	v	Дисперсия s^2	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор}}$	
					$P_{0,95}$	$P_{0,99}$
Общее	160,29	20				
Повторений	34,35	2				
Вариантов	88,53	6	14,755	5,101	3,00	4,82
Ошибки	34,71	12	2,8925			

9. Критерий Фишера фактический $F_{\text{факт}} = s_v^2 : s_z^2 = 14,755 : 2,8925 = 5,101$.

Теоретическое значение критерия Фишера определяют по таблице 2 приложений. Для числа степеней свободы вариантов берут колонку с числом 6, а для ошибки – строчку с числом 12. На их пересечении находят $F_{0,95} = 3,00$, $F_{0,99} = 4,82$. Пользуясь правилом, что если $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$, то достоверность разницы в опыте доказана, сравнивают $F_{\text{факт}}$ (5,101) с $F_{0,95}$ и $F_{0,99}$ и делают вывод о наличии достоверных разниц в опыте.

10. Обобщённая ошибка опыта $E = \sqrt{S_z^2 : n} = \sqrt{2,8925 : 3} = 0,982$ т/га

11. Ошибка разности $sd = E \times 1,41 = 0,982 \times 1,41 = 1,385$ т.

12. Наименьшая существенная разность НСР:

$НСР_{0,95} = s_d \times t_{0,95} = 1,385 \times 2,18 = 3,02$ т/га;

$НСР_{0,99} = s_d \times t_{0,99} = 1,385 \times 3,06 = 4,24$ т/га.

Критерии $t_{0,95}$ и $t_{0,99}$ находят по таблице 1 приложений при числе степеней свободы ошибки $v_z = 12$.

13. Относительная ошибка опыта $s_x \% = (E/x_N) \times 100 = (0,982/50,6) \times 100 = 1,94\%$.

Составляют итоговую таблицу дисперсионного анализа (табл. 32).

Таблица 32. Итог дисперсионного анализа

Вариант	Среднее значение	Разница d	НСР		s _x %
			0,95	0,99	
1. Контроль	46,9	-	3,02	4,24	1,94
2. Альбит	49,6	2,7			
3. Агат-25К	51,0	4,1			
4. Перекись водорода	53,0	6,1			
5. Крезацин	50,5	3,6			
6. Эпин экстра	49,9	3,0			
7. Циркон	53,5	6,6			
Жирным шрифтом выделены варианты с доказанной разницей в сравнении с контролем.					

Сравнивают разницу d с НСР и делают выводы, опираясь на правило, что если $d > \text{НСР}$, то различия достоверны.

Выводы.

1. Разница урожайности контроля и вариантов с альбитом и эпином экстра составляет соответственно 2,7 и 3,0 т/га, что меньше $НСП_{0,95}$ (3,02), следовательно, достоверность различий недоказана.

2. Разница урожайности контроля и вариантов с крезацином, агатом 25К, перекисью водорода и цирконом составляет соответственно 3,6; 4,1; 6,1; 6,6 т/га, что больше $НСП_{0,95}$ (3,02), следовательно, на этом уровне достоверность различий доказана; на уровне $P_{0,99}$ она доказана для вариантов с перекисью водорода и цирконом.

3. Значение относительной ошибки (1,94%) свидетельствует об удовлетворительной точности опыта.

Таким образом, обработка семян капусты белокочанной крезацином, агатом-25К, перекисью водорода и цирконом достоверно увеличивала урожайность капусты белокочанной сорта Касатка по сравнению с контролем.

9.2.2. Опыт, размещенный методом полной рендомизации

При обработке результатов такого опыта нет необходимости вычленять варьирование повторений C_p . Вычленяют сумму квадратов $C_y = C_v - C_z$. В остальном ход анализа аналогичен описанному выше. Как изменяются результаты анализа, можно показать на примере предыдущего опыта, предположив, что он был размещен методом полной рендомизации. Взяв из этого опыта значения $C_y = 160,29$ и $C_Y = 88,53$, вычисляют следующие показатели.

1. Сумма квадратов ошибки $C_z = C_Y - C_y = 160,29 - 88,53 = 71,76$.

2. Число степеней свободы ошибки $v_z = v_y - v_v = 20 - 6 = 14$. Отметим, что число степеней свободы ошибки увеличилось с 12 до 14, следовательно, обобщенная ошибка будет опираться на большее число наблюдений и точность опыта должна повыситься. Так ли это, показывают результаты дисперсионного анализа (табл. 33).

Таблица 33. Результаты дисперсионного анализа

Рассеивание	Сумма квадратов	ν	Дисперсия, s^2	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор}}$	
					0,95	0,99
Общее	160,29	20				
Вариантов	88,53	6	14,755	2,88	2,85	4,46
Ошибки	71,76	14	5,126			

3. Дисперсия вариантов s_v^2 и ошибки s_z^2 :

$$s_v^2 = C_v / \nu_v = 88,53 : 6 = 14,755;$$

$$s_z^2 = C_z / \nu_z = 71,76 : 14 = 5,126.$$

4. Критерий Фишера фактический $F_{\text{факт}} = s_v^2 : s_z^2 = 14,755 : 5,126 = 2,88$.

Теоретическое значение критерия Фишера определяют по таблицам 2 и 3 приложений. Для числа степеней свободы вариантов берут колонку с числом 6, а для ошибки – строку с числом 14. На их пересечении находят $F_{0,95} = 2,85$, $F_{0,99} = 4,46$. Пользуясь правилом, что если $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$, то достоверность разницы в опыте доказана, сравнивают $F_{\text{факт}}$ (2,88) с $F_{0,95}$ и $F_{0,99}$ и делают вывод о наличии достоверных разниц в опыте.

5. Обобщенная ошибка опыта $E = \sqrt{S_z^2 : n} = \sqrt{5,126 : 3} = 0,755$ т/га.

6. Ошибка разности $s_d = E \times 1,41 = 0,755 \times 1,41 = 1,064$ т.

7. Наименьшая существенная разность НСР:

$$\text{НСР}_{0,95} = s_d \times t_{0,95} = 1,064 \times 2,15 = 2,29 \text{ т/га};$$

$$\text{НСР}_{0,99} = s_d \times t_{0,99} = 1,064 \times 2,98 = 3,17 \text{ т/га}.$$

Критерии $t_{0,95}$ и $t_{0,99}$ находят по таблице 1 приложений при числе степеней свободы ошибки $\nu_z = 14$.

13. Относительная ошибка опыта $s_x\% = (E/x_N) \times 100 = (0,755/50,6) \times 100 = 1,49\%$.

Составляют итоговую таблицу дисперсионного анализа (табл. 34).

Таблица 34. Итог дисперсионного анализа

Вариант	Среднее значение	Разница d	НСР		$s_x\%$
			0,95	0,99	
1. Контроль	46,9	-	2,29	3,17	1,49
2. Альбит	49,6	2,7			
3. Агат-25К	51,0	4,1			
4. Перекись водорода	53,0	6,1			
5. Крезацин	50,5	3,6			
6. Эпин экстра	49,9	3,0			
7. Циркон	53,5	6,6			
Выделены числа разницы (d) больше НСР _{0,95}					

Выводы.

1. Разница урожайности контроля и опытных вариантов составляет от 2,7 до 6,6 т/га, что больше НСР_{0,95} (2,29), следовательно, достоверность различий доказана для всех вариантов опыта на данном уровне вероятности.

2. На уровне $P_{0,99}$ достоверность различий не доказана.

3. Значение относительной ошибки (1,49%) свидетельствует об удовлетворительной точности опыта.

Таким образом, обработка семян капусты белокочанной всеми указанными регуляторами опыта достоверно увеличивала урожайность капусты белокочанной сорта Касатка по сравнению с контролем на уровне вероятности $P_{0,95}$.

9.2.3. Опыт, размещенный методом полной рендомизации с разным числом повторностей

Допустим, что в опыте с удобрением томата в варианте без удобрений было три повторности, в варианте с NPK - четыре, в варианте с навозом – пять (табл. 35).

Таблица 35. Влияние удобрений на урожайность томата (X), т/га

Вариант	X по повторностям, т/га					$X_{\text{сред}}$	Разница
	I	II	III	IV	V		
1. Без удобрений	14,9	16,8	16,6			16,1	
2. Навоз	19,9	21,4	19,7	21,5	—	20,6	4,5
3. NPK	21,6	23,7	20,1	24,0	22,1	22,3	6,2

$l = 3; n_1 = 3; n_2 = 4; n_3 = 5; N = 12$.

Проводим вычисления.

1. Средняя арифметическая по опыту

$$\bar{x}_N = \frac{\sum X}{N} = \frac{14,9 + 16,8 + \dots + 22,1}{12} = 20,192 = 20,2 \text{ м.}$$

За произвольное начало целесообразно взять число 20,0 и вычислить отклонения (табл. 36).

Таблица 36. Отклонения от произвольного начала

Номер варианта	(X - A) по повторностям					Сумма	V
	I	II	III	IV	V		
1	-5,1	-3,2	-3,4			V ₁	11,7
2	-0,1	1,4	-0,3	1,5	-	V ₂	2,5
3	1,6	3,7	0,1	4,0	2,1	V ₃	11,5
Сумма Р	-3,6	1,9	-3,6	5,5	2,1	ΣX = 2,3	

2. Корректирующий фактор $C = (\Sigma X)^2 / N = 2,3^2 / 12 = 0,192$.

3. Сумма квадратов всех видов рассеивания:

$$C_y = \Sigma X^2 - C = (5,1^2 + 3,2^2 + 3,4^2 + 0,1^2 + 1,4^2 + 0,3^2 + 1,5^2 + 1,6^2 + 3,7^2 + 0,1^2 + 4,0^2 + 2,1^2) - 0,192 = 88,597;$$

$$C_v = \sum \left(\frac{V_1^2}{n_1} + \frac{V_2^2}{n_2} + \frac{V_3^2}{n_3} \right) - C = \sum \left(\frac{11,7^2}{3} + \frac{2,5^2}{4} + \frac{11,5^2}{5} \right) - 0,192 = 73,6425;$$

$$C_z = C_y - C_v = 88,597 - 73,643 = 14,954.$$

4. $v_y = N - 1 = 12 - 1 = 11$; $v_v = l - 1 = 3 - 1 = 2$; $v_z = v_y - v_v = 11 - 2 = 9$.

Составляют таблицу результатов дисперсионного анализа (табл. 37).

Таблица 37. Результаты дисперсионного анализа

Рассеивание	Сумма квадратов	v	Дисперсия	F _{факт}	F _{теор}	
					0,95	0,99
Общее	88,597	11	8,054	4,85	4,26	8,02
Вариантов	73,643	2				
Ошибки	14,954	9	1,662			

Так как $F_{\text{факт}} > F_{0,95}$, то различия при этом уровне вероятности достоверны; поскольку $F_{\text{факт}} < F_{0,99}$, то различия при данном уровне вероятности недостоверны.

5. Обобщенная ошибка опыта

$$E = \sqrt{S_z^2 : [(n_1 + n_2 + n_3) : l]} = \sqrt{14,954 : [(3 + 4 + 5) : 3]} = 3,74$$

6. Ошибки разности для сравнения пар вариантов:

$$1) 1\text{-го и 2-го } s_{d1-2} = \sqrt{S_z^2 \frac{n_1 + n_2}{n_1 \times n_2}} = \sqrt{0,645 \frac{3+4}{3 \times 4}} = 0,613;$$

$$2) 1\text{-го и 3-го } s_{d1-3} = \sqrt{S_z^2 \frac{n_1 + n_3}{n_1 \times n_3}} = \sqrt{0,645 \frac{3+5}{3 \times 5}} = 0,587;$$

$$3) 2\text{-го и 3-го } s_{d2-3} = \sqrt{S_z^2 \frac{n_2 + n_3}{n_2 \times n_3}} = \sqrt{0,645 \frac{4+5}{4 \times 5}} = 0,539.$$

7. Наименьшие существенные разности для пар вариантов:

$$1) 1\text{-го и 2-го } \text{НСР}_{0,95} = s_{d1-2} \times t_{0,95} = 0,613 \times 2,26 = 1,385 \text{ т/га};$$

$$2) 1\text{-го и 3-го } \text{НСР}_{0,95} = s_{d1-3} \times t_{0,95} = 0,587 \times 2,26 = 1,327 \text{ т/га};$$

$$3) 2\text{-го и 3-го } \text{НСР}_{0,95} = s_{d2-3} \times t_{0,95} = 0,539 \times 2,26 = 1,218 \text{ т/га}.$$

Значение $t_{0,95} = 2,26$ берут для 9 степеней свободы. Затем составляют итоговую таблицу анализа (табл. 38).

Таблица 38. Итог дисперсионного анализа

Варианты	X	Разница d	НСР		s _x %
			0,95	0,99	
1. Без удобрений	16,1	—		-	3,19
2. Навоз	20,6	4,5	1,385	-	
3. NPK	22,3	6,2	1,327	-	

1. Относительная ошибка опыта

$$S_x \% = \left(\frac{E}{\bar{X}_N} \right) \times 100 = \left(\frac{0,645}{20,2} \right) \times 100 = 3,19\%.$$

Выводы.

1. Разница урожайности между вторым и первым, третьим и первым вариантами составляет соответственно 4,5 и 6,2 т, что больше $\text{НСР}_{0,95}$, следовательно, достоверность разницы доказана на уровне вероятности $P_{0,95}$.

2. Разница урожайности между третьим и вторым вариантами составляет $22,3 - 20,6 = 1,7$ т, что больше $НСР_{0,95} (1,218)$, следовательно, достоверность разницы также доказана.

3. Точность опыта средняя.

9.2.4. Опыт, размещенный методом латинского квадрата

Предположим, что в опыте с четырьмя сортами томата, кроме урожайности и других показателей, изучают массу ягод. Повторность четырехкратная ($n=4$), вариантов четыре ($l=4$), и они размещены методом латинского квадрата 4×4 . В каждом столбце и в каждом ряду имеется полный набор четырех сортов: А – Факел, В – Волгоградский 5/95, С – Лунный, D – Волгоградский скороспелый 323, как это показано на схеме (рис. 20) (цифры означают массу ягод в граммах).

A 78	C 60	D 80	B 100
B 110	D 60	C 70	A 84
D 65	B 100	A 79	C 65
C 75	A 83	B 130	D 70

Рис. 20. Размещение вариантов методом латинского квадрата.

Результаты учета переносят в таблицу следующей формы (табл. 39).

Таблица 39. Масса плодов томата различных сортов (X), г

X по рядам	X по столбцам				Сумма по рядам Р	Сумма по вариантам V	Средняя по вариантам
	1	2	3	4			
1	A 78	C 60	D 80	B 100	318	A 324	A 81
2	B 110	D 60	C 70	A 84	324	B 440	B 110
3	D 65	B 100	A 79	C 65	309	C 270	C 67,5
4	C 75	A 83	B 130	D 70	358	D 275	D 68,75
Суммы по столбцам С	328	303	359	319	$\Sigma X = 1309$		$X_N = 81,8$

$$N = 4 \times 4 = 16; \quad x_N = 1309:16 = 81,8.$$

Далее проверяют равенство $\Sigma C = \Sigma P = \Sigma V = \Sigma X = 1309$ и проводят вычисления.

1. Корректирующий фактор $C = \frac{(\sum X)^2}{N} = \frac{1309^2}{16} = 107092,56$.

2. Суммы квадратов рассеиваний:

1) общего $C_y = \Sigma X^2 - C = (78^2 + 60^2 + 80^2 + \dots + 70^2) - 107092,56 = 112745 - 107092,56 = 5652,44$;

2) столбцов $C_c = (\Sigma C^2):n - C = (328^2 + 303^2 + 359^2 + 319^2):4 - 107092,56 = 107508,75 - 107092,56 = 416,19$;

3) рядов $C_p = (\Sigma P^2):n - C = (318^2 + 324^2 + 309^2 + 358^2):4 - 107092,56 = 107436,25 - 107092,56 = 343,69$;

4) вариантов $C_v = (\Sigma V^2):n - C = (324^2 + 440^2 + 270^2 + 275^2):4 - 107092,56 = 111775,25 - 107092,56 = 4682,69$;

5) ошибки $C_z = C_y - C_c - C_p - C_v = 5652,44 - 416,19 - 343,69 - 4682,69 = 209,87$.

3. Число степеней свободы:

$v_y = N - 1 = 16 - 1 = 15$; $v_c = n - 1 = 4 - 1 = 3$;

$v_p = n - 1 = 4 - 1 = 3$; $v_v = l - 1 = 4 - 1 = 3$;

$v_z = v_y - v_c - v_p - v_v = 15 - 3 - 3 - 3 = 6$.

4. Дисперсии:

1) вариантов $s_v^2 = C_v : v_v = 4682,69 : 3 = 1560,90$;

2) ошибки $s_z^2 = C_z : v_z = 209,87 : 6 = 34,978$.

5. Критерий Фишера фактический $F_{\text{факт}} = s_v^2 : s_z^2 = 1560,90 : 34,978 = 44,625$.

Критерии Фишера теоретические берут из таблицы приложений для степеней свободы $v_v = 3$ и $v_z = 6$ и составляют таблицу результатов дисперсионного анализа (табл. 40).

Так как $F_{\text{факт}}$ (44,625) больше $F_{0,95}$ (4,76) и $F_{0,99}$ (9,78), то в опыте достоверные различия между средними арифметическими вариантов.

6. Обобщенная ошибка опыта $E = \sqrt{S_z^2/n} = \sqrt{34,978 \div 4} = 2,957$ г.

7. Ошибка разности $s_d = E \times 1,41 = 2,957 \times 1,41 = 4,169$ г.

8. Находят по таблице приложений критерий Стьюдента (t) для 6 степеней свободы: $t_{0,95} = 2,45$, $t_{0,99} = 3,71$.

9. Находят наименьшие существенные разности:

$НСР_{0,95} = s_d \times t_{0,95} = 4,169 \times 2,45 = 10,214$ г;

$НСР_{0,99} = s_d \times t_{0,99} = 4,169 \times 3,71 = 15,467$ г.

Заносят результаты дисперсионного анализа в таблицу 40.

Таблица 40. Результаты дисперсионного анализа

Рассеивание	Сумма квадратов	ν	S^2	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор}}$	
					0,95	0,99
Общее	5652,44	15				
Столбцов	416,19	3				
Рядов	343,69	3				
Вариантов	4682,69	3	1560,90	44,625	4,76	9,78
Ошибки	209,87	6	34,978			

10. Относительная ошибка опыта

$$s_x\% = \frac{E}{x_N} \times 100 = \frac{2,957}{81,8} \times 100 = 3,61\%.$$

Результаты записывают в итоговую таблицу (табл. 41) и делают выводы.

Таблица 41. Итог дисперсионного анализа

Сорт томата	\bar{X}	Разница	НСР		$S_x\%$
			0,95	0,99	
1. Волгоградский скороспелый 323	68,8				
2. Волгоградский 5/95	110,0	41,2	4,76	9,78	3,61
3. Лунный	67,5	-1,3			
4. Факел	81,0	12,2			

Выводы.

1. Масса плода сортов Волгоградский 5/95 и Факел больше массы плода сорта Волгоградский скороспелый 323. Достоверность разницы доказана на уровнях вероятности $P_{0,95}$ и $P_{0,99}$.

2. Плоды сорта Лунный меньше плодов сортов Волгоградский скороспелый 323. Но достоверность разницы не доказана на обоих уровнях вероятности.

3. Точность исследований удовлетворительная, о чем свидетельствует значение относительной ошибки (3,61%).

9.2.5. Опыт, размещенный методом латинского прямо-угольника

В качестве примера рассмотрим опыт, в котором изучали влияние регуляторов роста на урожайность моркови сорта Рогнеда. Были заложены варианты: А - контроль, В - с ага-том-25К, С - с альбитом, D - с иммуноцитифитом, К - с кре-зацином, L - с перекисью водорода, Q - с цирконом, Н - с эпином экстра. Варианты размещали методом латинского прямоугольника $4 \times 4 \times 2$ (табл. 42).

Таблица 42. Урожайность моркови (т/га) в зависимости от обработки регуляторами роста

	I		II		III		IV	
1	В 32,0	D 34,1	L 35,4	A 28,0	С 31,6	К 37,2	Q 35,6	Н 38,9
2	A 28,6	Q 36,0	В 31,5	С 30,9	Н 37,8	L 36,7	D 33,7	К 36,4
3	С 30,5	К 37,0	D 33,3	Н 38,0	В 32,8	Q 35,4	A 29,7	L 35,2
4	Н 38,4	L 36,0	К 36,5	Q 36,9	D 34,9	A 29,5	В 31,7	С 30,3
Варианты размещены методом латинского прямоугольника: 1 – 4 – ряды; I – IV – столбцы.								

Урожайность представлена в таблице 43.

Таблица 43. Урожайность моркови, т/га

Ряд	Столбец				Суммы по		Средняя по вариантам
	I	II	III	IV	рядам	вариантам	
1	В 32,0	L 35,4	С 31,6	Q 35,6	272,8	A 115,8	A 29,0
	D 34,1	A 28,0	К 37,2	Н 38,9		В 128,0	В 32,0
2	A 28,6	В 31,5	Н 37,8	D 33,7	271,6	С 123,3	С 30,8
	Q 36,0	С 30,9	L 36,7	К 36,4		D 136,0	D 34,0
3	С 30,5	D 33,3	В 32,8	A 29,7	271,9	К 147,1	К 36,8
	К 37,0	Н 38,0	Q 35,4	L 35,2		L 143,3	L 35,8
4	Н 38,4	К 36,5	D 34,9	В 31,7	274,2	Q 144,0	Q 36,0
	L 36,0	Q 36,9	A 29,5	С 30,3		Н 153,1	Н 38,3
Сумма по столбцам	272,6	270,5	275,9	271,5	$\Sigma X = 1090,5$		$\bar{x}_N = 34,08$

Проверяем равенство $\Sigma C = \Sigma P = \Sigma V = \Sigma X = 1090,5$.

$l = 8$; $n = 4$; $N = 8 \times 4 = 32$.

$$\bar{x}_N = \frac{\sum X}{N} = \frac{1090,5}{32} = 34,08 \text{ м / за.}$$

1. Корректирующий фактор $C = \frac{(\sum X)^2}{N} = \frac{1090,5^2}{32} = 37162,19.$

2. Суммы квадратов рассеиваний:

1) общего $C_y = \sum X^2 - C = (32^2 + 34,1^2 + 35,4^2 + \dots + 30,3^2) - 37162,19 = 37462,22 - 37162,19 = 300,08;$

2) столбцов $C_c = (\sum C^2):l - C = (272,6^2 + 270,5^2 + 275,9^2 + 271,5^2):8 - 37162,19 = 37164,26 - 37162,19 = 2,07;$

3) рядов $C_p = (\sum P^2):l - C = (272,8^2 + 271,6^2 + 271,9^2 + 274,2^2):8 - 37162,19 = 37162,71 - 37162,19 = 0,52;$

4) вариантов $C_v = (\sum V^2):n - C = (115,8^2 + 128^2 + 123,3^2 + 136^2 + 147,1^2 + 143,3^2 + 144^2 + 153,1^2):4 - 37162,19 = 37460,36 - 37162,19 = 298,17;$

5) ошибки $C_z = C_y - C_c - C_p - C_v = 300,08 - 2,07 - 0,52 - 298,17 = 6,47.$

3. Число степеней свободы:

$$v_y = N - 1 = 32 - 1 = 31; \quad v_c = n - 1 = 4 - 1 = 3;$$

$$v_p = n - 1 = 4 - 1 = 3; \quad v_v = l - 1 = 8 - 1 = 7;$$

$$v_z = v_y - v_c - v_p - v_v = 31 - 3 - 3 - 7 = 18.$$

11. Дисперсии:

1) вариантов $s_v^2 = C_v : v_v = 298,17 : 7 = 42,59;$

2) ошибки $s_z^2 = C_z : v_z = 6,47 : 18 = 0,36.$

12. Критерий Фишера фактический $F_{\text{факт}} = s_v^2 : s_z^2 = 42,59 : 0,36 = 118,31.$

Критерии Фишера теоретические берут из таблицы приложений для степеней свободы $v_v = 7$ и $v_z = 18$ и составляют таблицу результатов дисперсионного анализа (табл. 44).

Таблица 44. Результаты дисперсионного анализа

Рассеивание	Сумма квадратов	v	s ²	F _{факт}	F _{теор}	
					0,95	0,99
Общее	300,08	31				
Столбцов	2,07	3				
Рядов	0,52	3				
Вариантов	298,17	7	42,59	118,31	2,58	3,85
Ошибки	6,47	18	0,36			

Так как $F_{\text{факт}}$ (126,67) больше $F_{0,95}$ (2,58) и $F_{0,99}$ (3,85), то в опыте достоверны различия между средними арифметическими вариантов.

13. Обобщенная ошибка опыта $E = \sqrt{s_z^2 / n} = \sqrt{0,36 \div 4} = 0,09$ т.

14. Ошибка разности $sd = E \times 1,41 = 0,09 \times 1,41 = 0,127$ т.

15. Находят по таблице приложений критерий Стьюдента (t) для 18 степеней свободы: $t_{0,95} = 2,10$, $t_{0,99} = 2,88$.

16. Находят наименьшие существенные разности:

$HCP_{0,95} = s_d \times t_{0,95} = 0,127 \times 2,10 = 0,27$ т/га;

$HCP_{0,99} = s_d \times t_{0,99} = 0,127 \times 2,88 = 0,37$ т/га.

2. Рассчитываем относительную ошибку опыта $S \bar{x} \% = (E \times 100): X_N = (0,127 \times 100): 34,08 = 0,4\%$.

Полученные результаты заносят в итоговую таблицу (табл. 45).

Таблица 45. Итоги дисперсионного анализа

Сорт	Х	Разница	НСР		$S \bar{x} \%$
			0,95	0,99	
Контроль	29,0		0,27	0,37	0,4
Агат-25К	32,0	3,0			
Альбит	30,8	1,8			
Иммуноцитифит	34,0	5,0			
Крезацин	36,8	7,8			
Перекись водорода	35,8	6,8			
Циркон	36,0	7,0			
Эпин экстра	38,3	9,3			

На основании итогов дисперсионного анализа делаем выводы:

1. Достоверность разницы урожайности моркови доказана для всех вариантов с применением регуляторов роста для обоих уровней вероятности.

2. Точность опыта высокая.

9.2.6. Опыт с многолетними культурами

Урожайность многолетних культур (ягодные, виноград, цитрусовые, чай, семечковые и косточковые плодовые рас-

тения) варьирует значительно больше, чем урожайность однолетних овощных культур. Особенно сильно варьирует урожайность в молодых насаждениях, где коэффициенты вариации достигают 40% и более, а относительные ошибки превышают 10%.

Так, в опыте с молодыми яблонями сортов Мекинтош, Пепин шафранный и Слава победителям при четырехкратной повторности относительные ошибки составили в первый год учета 13,3%, во второй - 13,8%, в третий - 12,8% (данные взяты из Моисейченко и др., 1994). При таких колебаниях значительно увеличивается НСР и различия между сортами невозможно доказать. Поэтому анализируют суммарный урожай за учетные годы, что позволяет снизить относительные ошибки опыта и повысить достоверность различий. Это можно показать на примере, взятом из указанного учебного пособия (табл. 46).

Таблица 46. Урожайность яблони, т/га, за три последовательных года

Сорт	Год	Х по повторениям				Сумма V	X
		I	II	III	IV		
Мекинтош	1-й	7,5	7,8	10,0	6,8	32,1	8,0
	2-й	0,6	0,5	1,7	1,5	4,3	1,1
	3-й	26	29	29	31	115	28,8
Сумма за 3 года		34,1	37,3	40,7	39,3	$\Sigma X=151,4$	$X_1=12,6$
Слава победителям	1-й	6,0	6,4	5,1	5,8	23,3	5,8
	2-й	22	26	26	25	99,0	24,8
	3-й	68	80	76	60	284,0	71,0
Сумма за 3 года		96,0	112,4	107,1	90,8	$\Sigma X=406,3$	$X_2=33,9$
Пепин шафранный	1-й	17	10	12	14	53	13,3
	2-й	28	31	29	33	121	30,3
	3-й	41	50	52	39	182	45,5
Сумма за 3 года		86	91	93	86	$\Sigma X=356,0$	$X_3=29,7$

$$l=3; n=4; N = l \times n = 3 \times 4 = 12.$$

Далее проводят следующие вычисления.

3. Корректирующий фактор $C = (\sum X)^2 : N = 913,7^2 : 12 = 69571$.

4. Суммы квадратов рассеиваний равны:

1) $C_y = \sum X^2 - C = (34,1^2 + 37,3^2 + 40,7^2 + 39,3^2 + 96^2 + 112,4^2 + 107,1^2 + 90,8^2 + 86^2 + 91^2 + 93^2 + 86^2) - 69571 = 9471$;

2) $C_p = \sum P^2 : l - C = (216,1^2 + 240,7^2 + 240,8^2 + 216,1^2) : 3 - 69571 = 202$;

3) $C_v = \sum V^2 : n - C = (151,4^2 + 406,3^2 + 356^2) : 3 - 69571 = 9113$;

4) $C_z = C_y - C_p - C_v = 9471 - 202 - 9113 = 156$.

5. Число степеней свободы равно:

$v_y = N - 1 = 12 - 1 = 11$; $v_p = n - 1 = 4 - 1 = 3$; $v_v = l - 1 = 3 - 1 = 2$;
 $v_z = v_y - v_p - v_v = 11 - 3 - 2 = 6$.

6. Вычисляем дисперсии:

1) вариантов $s_v^2 = C_v : v_v = 9113 : 2 = 4557$;

2) ошибки $s_z^2 = C_z : v_z = 156 : 6 = 26$.

7. Определяем критерий Фишера фактический $F_{\text{факт}} = s_v^2 : s_z^2 = 4557 : 26 = 175$.

8. Критерии Фишера теоретические берут из таблицы для $v_v=2$ и $v_z=6$ и составляют таблицу результатов дисперсионного анализа (табл. 47).

Таблица 47. Результаты дисперсионного анализа

Рассеивание	Сумма квадратов	v	s^2	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор}}$	
					0,95	0,99
Общее	9471	11	-			
Повторений	202	3	-			
Вариантов	9113	2	4557	175	5,14	10,92
Ошибки	156	6	26			

$F_{\text{факт}} > F_{0,95}$ и $F_{0,99}$, следовательно, достоверность разницы доказана на обоих уровнях вероятности.

9. Рассчитываем обобщенную ошибку опыта

$$E = \sqrt{s_z^2 / n} = \sqrt{26 \div 4} = 2,55.$$

10. Рассчитываем ошибку разности и определяем критерии Стьюдента (t) для 6 степеней свободы: $s_d = E \times 1,41 = 2,55 \times 1,41 = 3,6$; $t_{0,95} = 2,45$, $t_{0,99} = 3,71$.

11. Далее определяем наименьшие существенные разности для обоих уровней вероятности:

$$НСР_{0,95} = s_d \times t_{0,95} = 3,6 \times 2,45 = 8,82 \text{ т};$$

$$НСР_{0,99} = s_d \times t_{0,99} = 3,6 \times 3,71 = 13,4 \text{ т}.$$

12. Определяем относительную ошибку опыта $S \bar{x} \% = (E \times 100): X_N = (2,55 \times 100):25,4 = 10\%$.

Окончательные результаты сводят в итоговую таблицу (табл. 48).

Таблица 48. Итоги дисперсионного анализа

Сорт	\bar{x}	Разница	НСР		$S \bar{x} \%$
			0,95	0,99	
Мекинтош	12,6	-	8,82	13,4	10,0
Слава победителям	33,9	21,3			
Пепин шафранный	29,7	17,1			

Выводы.

1. Урожайность сортов яблони Слава победителям и Пепин шафранный больше, чем урожайность сорта Мекинтош, на 21,3 и 17,1 т соответственно, что превышает $НСР_{0,95}$ и $НСР_{0,99}$, следовательно, эти разницы достоверны на уровнях вероятности $P_{0,95}$ и $P_{0,99}$.

2. Относительная ошибка опыта свидетельствует о его удовлетворительной точности.

Из сравнения относительной ошибки опыта для суммарной урожайности за три года (10%) с ошибками за отдельные годы (до 13,8%) можно заключить, что результаты опытов с многолетними культурами перед обработкой следует суммировать, как показано в данном примере.

9.3. Дисперсионный анализ данных многофакторных полевых опытов, проведенных методом рендомизированных повторений и методом расщепленных делянок

9.3.1. Двухфакторный опыт, размещенный методом рендомизированных повторений

Рассмотрим для примера полевой опыт, в котором изучали влияние регуляторов роста на урожай листьев двух сортов горчицы салатной: Волнушка и Прима – в трехкратной повторности.

Урожайность горчицы салатной в зависимости от сорта и регуляторов роста приведена в таблице 49.

Таблица 49. Урожайность горчицы салатной, кг на 1 м², в зависимости от сорта и регуляторов роста

Фактор А, сорт	Фактор В, регуляторы роста	Х по повторениям			Сумма V	Среднее
		I	II	III		
Волнушка	контроль	1,58	1,37	1,64	4,59	1,53
	альбит	2,43	2,51	2,34	7,28	2,43
	циркон	2,23	2,15	2,31	6,69	2,23
Прима	контроль	1,90	2,05	1,79	5,74	1,91
	альбит	2,07	1,99	2,16	6,22	2,07
	циркон	2,37	2,42	2,27	7,06	2,35
Сумма Р		12,58	12,49	12,51	$\Sigma X=37,58$	$\bar{x} = 2,09$

Вычисляем по следующей формуле среднее по опыту:
 $x_N = \Sigma X : N = 37,58 : 18 = 2,09$.

Определяем число вариантов по факторам: $l_A = 2$; $l_B = 3$.
 Отсюда общее число вариантов будет $l = l_A \times l_B = 2 \times 3 = 6$; а
 общее число делянок будет равно $N = l \times n = 6 \times 3 = 18$.

Далее определяем корректирующий фактор $C = (\Sigma X)^2 : N = 37,58^2 : 18 = 78,46$.

Затем определяем суммы квадратов:

1) общего рассеивания $C_y = \Sigma X^2 - C = (1,58^2 + 1,37^2 + 1,64^2 + 2,43^2 + 2,51^2 + 2,34^2 + 2,23^2 + 2,15^2 + 2,31^2 + 1,90^2 + 2,05^2 + 1,79^2 + 2,07^2 + 1,99^2 + 2,16^2 + 2,37^2 + 2,42^2 + 2,27^2) - 78,46 = 80,1947 - 78,46 = 1,735$;

2) повторений $C_p = \Sigma P^2 : l - C = (12,58^2 + 12,49^2 + 12,51^2) : 6 - 78,46 = 0,0$;

3) вариантов $C_v = \Sigma V^2 : n - C = (4,59^2 + 7,28^2 + 6,69^2 + 5,74^2 + 6,22^2 + 7,06^2) : 1 - 6,41 = 1,641$;

4) ошибки $C_z = C_y - C_p - C_v = 1,735 - 0,0 - 1,641 = 0,094$.

Затем составляем таблицу действия и взаимодействия факторов (табл. 50).

Таблица 50. Действия и взаимодействия факторов

Сорт	Регуляторы роста			ΣA
	контроль	альбит	циркон	
Волнушка	4,59	7,28	6,69	18,56
Прима	5,74	6,22	7,06	19,02
Σ по В	10,33	13,50	13,75	37,58

Определяем суммы квадратов:

- по фактору А $- C_A = \Sigma A^2 : (l_B \times n) - C = (18,56^2 + 19,02^2) : (3 \times 3) - 78,46 = 78,47 - 78,46 = 0,01$;

- по фактору В $- C_B = \Sigma B^2 : (l_A \times n) - C = (10,33^2 + 13,50^2 + 13,75^2) : (2 \times 3) - 78,46 = 1,21$;

- взаимодействия двух факторов $C_{AB} = C_V - C_A + C_B = 1,641 - 0,01 + 1,21 = 2,841$.

Затем определяем число степеней свободы:

- общей дисперсии $v_y = N - 1 = 18 - 1 = 17$;

- повторений $v_p = n - 1 = 3 - 1 = 2$;

- фактора А $v_A = l_A - 1 = 2 - 1 = 1$;

- фактора В $v_B = l_B - 1 = 3 - 1 = 2$;

- взаимодействия АВ $v_{AB} = (l_A - 1)(l_B - 1) = 1 \times 2 = 2$;

- ошибки $v_z = v_y - (v_p + v_A + v_B + v_{AB}) = 17 - (2 + 1 + 2 + 2) = 10$.

Теперь определяем дисперсии:

- по фактору А $s_A^2 = C_A : v_A = 0,01 : 1 = 0,01$;

- по фактору В $s_B^2 = C_B : v_B = 1,21 : 2 = 0,61$;

- взаимодействия $s_{AB}^2 = C_{AB} : v_{AB} = 2,841 : 2 = 1,421$;

- ошибки $s_Z^2 = C_Z : v_Z = 0,094 : 10 = 0,009$.

Далее определяем фактические критерии Фишера:

- для фактора А $F_A = s_A^2 : s_Z^2 = 0,01 : 0,009 = 1,11$;

- для фактора В $F_B = s_B^2 : s_Z^2 = 0,61 : 0,009 = 67,78$;

- для взаимодействия АВ $F_{AB} = s_{AB}^2 : s_Z^2 = 1,421 : 0,009 = 157,89$.

Теперь находим теоретические значения критерия Фишера:

- для фактора А при $\nu_A=1$ и $\nu_Z=10$ – $F_{0,95}=4,96$; $F_{0,99}=10,04$;
- для фактора В при $\nu_B=2$ и $\nu_Z=10$ – $F_{0,95}=4,10$; $F_{0,99}=7,56$;
- для фактора А при $\nu_{AB}=2$ и $\nu_Z=10$ – $F_{0,95}=4,10$; $F_{0,99}=7,56$.

После этого составляем таблицу результатов дисперсионного анализа (табл. 51).

Таблица 51. Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта

Рассеивание	Сумма квадратов	ν	s^2	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор}}$	
					0,95	0,99
Общее	1,735	17				
Повторений	0,00	2				
По фактору А	0,01	1	0,01	1,11	4,96	10,04
По фактору В	1,21	2	0,61	67,78	4,1	7,56
Для АВ	2,841	2	1,421	157,89	4,1	7,56
Остатка	0,094	10	0,0094			

Определяем обобщенные ошибки:

- всего опыта $E = \sqrt{s_z^2 / n} = \sqrt{0,0094 \div 3} = 0,056$;
- фактора А $E = \sqrt{s_z^2 / l_B n} = \sqrt{0,0094 \div 3 \times 3} = 0,032$;
- фактора В $E = \sqrt{s_z^2 / l_A n} = \sqrt{0,0094 \div 2 \times 3} = 0,040$.

Далее определяем ошибки разности:

- для всего опыта $s_d = E \times 1,41 = 0,056 \times 1,41 = 0,0790$;
- для фактора А $s_{dA} = E_A \times 1,41 = 0,032 \times 1,41 = 0,0451$;
- для фактора В $s_{dB} = E_B \times 1,41 = 0,040 \times 1,41 = 0,0564$.

Критерии Стьюдента: $t_{0,95} = 2,23$; $t_{0,99} = 3,17$.

И, наконец, рассчитываем наименьшие существенные разности:

- для всего опыта $НСП_{0,95} = s_d \times t_{0,95} = 0,0790 \times 2,23 = 0,176 \text{ кг/м}^2$;
- для фактора А $НСП_{0,95A} = s_{dA} \times t_{0,95} = 0,0451 \times 2,23 = 0,101 \text{ кг/м}^2$;
- для фактора В $НСП_{0,95B} = s_{dB} \times t_{0,95} = 0,0564 \times 2,23 = 0,126 \text{ кг/м}^2$;

На уровне вероятности $P_{0,99}$ НСП составит:

- для всего опыта $НСП_{0,99} = s_d \times t_{0,99} = 0,0790 \times 3,17 = 0,250 \text{ кг/м}^2$;
- для фактора А $НСП_{0,99A} = s_{dA} \times t_{0,99} = 0,0451 \times 3,17 = 0,143 \text{ кг/м}^2$;
- для фактора В $НСП_{0,99B} = s_{dB} \times t_{0,99} = 0,0564 \times 3,17 = 0,179 \text{ кг/м}^2$;

Определяем относительную ошибку опыта:

$$s_x \% = \frac{E}{x_N} \times 100 = \frac{0,056}{2,09} \times 100 = 2,68\%.$$

Составляем итоговую таблицу (табл. 52).

Таблица 52. Итог дисперсионного анализа

А, сорт	В, регуляторы роста	x	Разница по		НСР	
			А	В	0,95	0,99
Волнушка	контроль	1,53	-	-	0,126	0,179
	альбит	2,43	-	0,36		
	циркон	2,23	-	-0,12		
Прима	контроль	1,91	-0,38	-		
	альбит	2,07	0,36	0,16		
	циркон	2,35	-0,12	0,44		
НСР _{0,95}			0,101	0,126	$s_x^{-} \% = 2,68\%$	
НСР _{0,99}			0,143	0,179		

Выводы.

1. По сортам (фактор А): У сорта Волнушка продуктивность при $P_{0,95}$ и $P_{0,99}$ без применения регуляторов роста достоверно меньше, чем у сорта Прима. На уровне $P_{0,95}$ применение альбита более эффективно на сорте Волнушка, а циркона – на сорте Прима. На уровне $P_{0,99}$ разница в продуктивности сортов доказана только для альбита (эффективнее применение было на сорте Волнушка).

2. По регуляторам роста (фактор В). Увеличение продуктивности достоверно на уровне $P_{0,95}$ по всем вариантам опыта; на более высоком уровне вероятности достоверная разница отмечена по сорту Волнушка, а по сорту Прима достоверна разница только между разными регуляторами роста.

3. Значение относительной ошибки говорит об удовлетворительной точности опыта.

9.3.2. Двухфакторный опыт, размещенный методом расщепленных делянок

Возьмем для примера опыт с томатом, в котором на делянках первого порядка выращивали сорта Волгоградский

скороспелый 323 и Волгоградский 5/95. Эти делянки расщеплены на делянки второго порядка с двумя густотами размещения растений на 1 га: 40 тысяч на 1 га и 60 тысяч на 1 га. Повторность опыта трехкратная. Учитывали урожайность (табл. 53).

Таблица 53. Урожайность двух сортов томата в зависимости от густоты размещения растений на 1 га, т/га

Фактор А, сорт	Фактор В, густота размещения растений	Х по повторениям			Сумма V	X _{сред}
		I	II	III		
Волгоградский скоро-спелый 323	40 тысяч на 1 га	27,5	28,9	26,7	83,1	27,7
	60 тысяч на 1 га	30,5	29,3	31,6	91,4	30,5
Волгоградский 5/95	40 тысяч на 1 га	31,0	29,4	31,6	92,0	30,7
	60 тысяч на 1 га	26,4	28,1	27,1	81,6	27,2
	Сумма Р	115,4	115,7	117,0	$\Sigma X = 348,1$	$X_{\text{сред}} = 29,0$

Вычисляем среднее по опыту: $x_N = \Sigma X : N = 348,1 : 12 = 29,0$.

Определяем число вариантов по факторам: $l_A = 2$; $l_B = 2$. Отсюда общее число вариантов будет $l = l_A \times l_B = 2 \times 2 = 4$; а общее число делянок будет равно $N = l \times n = 4 \times 3 = 12$.

Далее определяем корректирующий фактор $C = (\Sigma X)^2 : N = 348,1^2 : 12 = 10097,8$.

Затем определяем суммы квадратов:

1) общего рассеивания $C_y = \Sigma X^2 - C = (27,5^2 + 28,9^2 + 26,7^2 + 30,5^2 + 29,3^2 + 31,6^2 + 31,0^2 + 29,4^2 + 31,6^2 + 26,4^2 + 28,1^2 + 27,1^2) - 10097,8 = 10135,85 - 10097,8 = 38,05$;

2) повторений $C_p = \Sigma P^2 : l - C = (115,4^2 + 115,7^2 + 117,0^2) : 4 - 10097,8 = 0,36$;

3) вариантов $C_v = \Sigma V^2 : n - C = (83,1^2 + 91,4^2 + 92,0^2 + 81,6^2) : 3 - 10097,8 = 29,58$;

4) ошибки $C_z = C_y - C_p - C_v = 38,05 - 0,36 - 29,58 = 8,11$.

Затем составляем таблицу действия и взаимодействия факторов (табл. 54).

Таблица 54. Действие и взаимодействие факторов

А, сорт	Густота размещения растений, В		Сумма А	Среднее А
	40 тысяч на 1 га	60 тысяч на 1 га		
Волгоградский скороспелый 323	83,1	91,4	174,5	$A_0 = 87,3$
Волгоградский 5/95	92,0	81,6	173,6	$A_1 = 86,8$
Сумма В	175,1	173,0	$\Sigma X = 358,1$	
Средние В	$B_0 = 87,6$	$B_1 = 86,5$		$X_{\text{сред}} = 87,1$

Определяем суммы квадратов:

- по фактору А – $C_A = \Sigma A^2 : (l_B \times n) - C = (174,5^2 + 173,6^2) : (2 \times 3) - 10097,8 = 10097,9 - 10097,8 = 0,1$;

- по фактору В – $C_B = \Sigma B^2 : (l_A \times n) - C = (175,1^2 + 173,0^2) : (2 \times 3) - 10097,8 = 10098,2 - 10097,8 = 0,4$;

- взаимодействия двух факторов $C_{AB} = C_V - C_A + C_B = 29,58 - 0,1 + 0,4 = 29,08$.

Далее для вычисления ошибки I по фактору А (сорт) и ошибки II по фактору В (густота размещения растений) составляем таблицу (табл. 55).

Таблица 55. Суммы урожаев плодов томата, т/га, для вычисления ошибок

А, сорт	X ₁ по повторениям			Сумма А
	I	II	III	
Волгоградский скороспелый 323	58,0	58,2	58,3	174,5
Волгоградский 5/95	57,4	57,5	58,7	173,6
Сумма Р	115,4	115,7	117,0	$\Sigma X = 348,1$

Определяем суммы квадратов ошибок I и II:

- $C_{yI} = \Sigma X^2 : l_B - C = (58,0^2 + 58,2^2 + 58,3^2 + 57,4^2 + 57,5^2 + 58,7^2) : 2 - 10097,8 = 0,62$;

- $C_{zI} = C_{yI} - C_A - C_p = 0,62 - 0,1 - 0,36 = 0,16$;

- $C_{zII} = C_z - C_{zI} = 8,11 - 0,16 = 7,95$.

Определяем число степеней свободы: $v_y = N - 1 = 12 - 1 =$

11; $v_p = n - 1 = 3 - 1 = 2$; $v_A = l_A - 1 = 2 - 1 = 1$; $v_B = l_B - 1 = 2 - 1 = 1$; $v_{AB} = (l_A - 1)(l_B - 1) = 1 \times 1 = 1$.

Далее определяем степени свободы ошибок:

- ошибки I - $v_{zI} = (l_A - 1)(n - 1) = (2 - 1)(3 - 1) = 2$;

- ошибки II - $v_{zII} = v_y - v_p - v_A - v_B - v_{AB} - v_{zI} = 11 - 2 - 1 - 1 - 1 - 2 = 4$.

9) Составляем таблицу результатов дисперсионного анализа (табл. 56).

Таблица 56. Результаты дисперсионного анализа

Рассеивание	Сумма квадратов	v	s^2	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор}}$	
					0,95	0,99
Общее	38,05	11				
Повторений	0,36	2				
Сорта А	0,1	1	0,1	1,25	18,5	98,5
Ошибки I	0,16	2	0,08	-	-	-
Густота размещения растений В	0,4	1	0,4	0,20	7,71	21,2
Взаимодействия	29,08	1	29,08	14,61	7,71	21,2
Ошибки II	7,95	4	1,99	-	-	-

$F_{\text{теор}}$ берут для сорта по совокупности степеней свободы $v_A = 1$ и $v_{zI} = 2$; для густоты размещения растений на 1 га – по совокупности степеней свободы $v_B = 1$ и $v_{zII} = 4$.

Выводы.

1. $F_A < F_{0,95}$ и $F_{0,99}$, поэтому зависимость урожайности томата от сорта для сортов Волгоградский скороспелый 323 и Волгоградский 5/95 недостоверна.

2. Действие густоты размещения растений на 1 га также недостоверно для обеих уровней вероятности.

3. Взаимодействие же сортовых особенностей и густоты размещения растений на 1 га достоверно на уровне вероятности $P_{0,95}$, но недостоверно на уровне вероятности $P_{0,99}$.

Рассчитываем обобщенные ошибки:

$$E_I = \sqrt{\frac{s_{zI}^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,08}{3}} = 0,16;$$

$$E_{II} = \sqrt{\frac{s_{zII}^2}{n}} = \sqrt{\frac{1,99}{3}} = 0,81;$$

$$E_A = \sqrt{\frac{s_{zI}^2}{l_B n}} = \sqrt{\frac{0,08}{2 \times 3}} = 0,12;$$

$$E_B = \sqrt{\frac{s_{zII}^2}{l_A n}} = \sqrt{\frac{1,99}{2 \times 3}} = 0,58.$$

Рассчитываем ошибки разности:

$$s_{dI} = E_I \times 1,41 = 0,16 \times 1,41 = 0,226;$$

$$s_{dII} = E_{II} \times 1,41 = 0,81 \times 1,41 = 1,142;$$

$$s_{dA} = E_A \times 1,41 = 0,12 \times 1,41 = 0,169;$$

$$s_{dB} = E_B \times 1,41 = 0,58 \times 1,41 = 0,818.$$

Далее рассчитываем наименьшие существенные разности для $P_{0,95}$:

- $HCP_I = s_{dI} \times t_{0,95} = 0,226 \times 4,3 = 0,972$, $t_{0,95}$ берут для $v_{zI} = 2$;
- $HCP_{II} = s_{dII} \times t_{0,95} = 1,142 \times 2,78 = 3,175$, $t_{0,95}$ берут для $v_{zII} = 4$;
- $HCP_A = s_{dA} \times t_{0,95} = 0,169 \times 4,3 = 0,727$, $t_{0,95}$ берут для $v_{zI} = 2$;
- $HCP_B = s_{dB} \times t_{0,95} = 0,818 \times 2,78 = 2,274$, $t_{0,95}$ берут для $v_{zII} = 4$.

Аналогично вычисляют НСР для уровня $P_{0,99}$, где $t_{0,99I} = 9,93$ и $t_{0,99II} = 4,6$ соответственно, для степеней свободы соответственно 2 и 4.

Выводы о достоверности разностей делают для каждого значения НСР:

1) разности для сортов равны $30,7 - 27,2 = 3,5$ и $27,2 - 30,5 = -3,3$, что больше HCP_I (0,972), следовательно, разности доказаны;

2) разности для густоты размещения растений на 1 га равны $30,5 - 27,7 = 2,8$ и $27,2 - 30,7 = -3,5$, что больше HCP_{II} (3,175), следовательно, достоверность разницы урожайности доказана;

3) для главного эффекта – сорта А – независимо от густоты размещения растений на 1 га $A_0 - A_1 = 87,3 - 86,8 = 0,5$, что меньше HCP_A (0,727), следовательно, достоверность разницы урожайности не доказана;

4) для главного эффекта – густота размещения растений на 1 га – независимо от сорта $B_0 - B_1 = 87,6 - 85,5 = 2,1$, что меньше HCP_B (2,274), следовательно, достоверность разницы урожайности не доказана.

9.3.3. Трехфакторный опыт, размещенный методом рендомизированных повторений

Предположим, что в опыте с морковью изучается отклик сортов Рогнеда и Нантская 4 (фактор А) на обработку семян регулятором роста циркон (без обработки и с обработкой) (фактор В), а также условия года (2013 год и 2014 год) (фактор С) (табл. 57).

Таблица 57. Урожайность моркови в трехфакторном опыте 2х2х2, т/га

А	В	С	Повторения			Сумма V	X _{сред}
			I	II	III		
Рогнеда	без обра- ботки	2013	25,6	26,8	24,3	76,7	25,6
		2014	28,1	29,6	27,4	85,1	28,4
	обработка цирконом	2013	30,0	31,2	28,9	90,1	30,0
		2014	32,8	33,4	31,9	98,1	32,7
Нантская 4	без обра- ботки	2013	35,3	37,1	33,5	105,9	35,3
		2014	34,5	36,2	32,1	102,8	34,3
	обработка цирконом	2013	39,1	41,2	37,6	117,9	39,3
		2014	43,7	45,9	41,4	131,0	43,7
Сумма Р			269,1	281,4	257,1	ΣX= 807,6	X _N = 33,7

Каждый фактор изучаем в двух градациях: $l_A=2$; $l_B=2$; $l_C=2$;

$l = l_A \times l_B \times l_C = 2 \times 2 \times 2 = 8$; $n=3$; $N = l \times n = 8 \times 3 = 24$. Контроль обозначен знаком 0.

Далее составляем таблицу для вычисления действия и взаимодействия факторов (табл. 58).

В колонке 2 таблицы показан порядок вычисления сумм и разностей для колонок 4, 5, 6. Так, для колонки 4 порядок следующий: $0 + C = 76,7 + 85,1$; $B + BC = 90,1 + 98,1$; $A + AC = 105,9 + 102,8$; $AB + ABC = 117,9 + 131,0$; $C - 0 = 85,1 - 76,7$; $BC - B = 98,1 - 90,1$; $AC - A = 102,8 - 105,9$; $ABC - AB = 131,0 - 117,9$.

Таблица 58. Группировка данных для вычисления действия факторов

Вариант	Суммы и разности				
	вариантов	ΣV	ΣV_I	ΣV_{II}	ΣV_{III}
1	2	3	4	5	6
0	0 + C	76,7	161,8	350,0	807,6
C	B + BC	85,1	188,2	457,6	26,4
B	A + AC	90,1	208,7	16,4	60,6
BC	AB + ABC	98,1	248,9	10,0	15,8
A	C – 0	105,9	8,4	20,4	107,6
AC	BC – B	102,8	8,0	40,2	-6,4
AB	AC – A	117,9	-3,1	-0,4	19,8
ABC	ABC – AB	131,0	13,1	16,2	16,6

Аналогично подсчитываем числа для колонок 5 и 6.

Далее вычисляем корректирующий фактор и суммы квадратов:

$$C = (\Sigma X)^2 : N = (807,6)^2 : 24 = 27175,74;$$

$$C_y = \Sigma X^2 - C = (25,6^2 + 26,8^2 + 24,3^2 + 28,1^2 + 29,6^2 + 27,4^2 + 30,0^2 + 31,2^2 + 28,9^2 + 32,8^2 + 33,4^2 + 31,9^2 + 35,3^2 + 37,1^2 + 33,5^2 + 34,5^2 + 36,2^2 + 32,1^2 + 39,1^2 + 41,2^2 + 37,6^2 + 43,7^2 + 45,9^2 + 41,4^2) - 27175,74 = 27944,6 - 27175,74 = 768,86;$$

$$C_p = \Sigma P^2 : l - C = (269,1^2 + 281,4^2 + 257,1^2) : 8 - 27175,74 = 27212,65 - 27175,74 = 36,91;$$

$$C_A = \Sigma A^2 : N = 107,6^2 : 24 = 11577,76 : 24 = 482,41;$$

$$C_B = \Sigma B^2 : N = 60,6^2 : 24 = 3672,36 : 24 = 153,02;$$

$$C_C = \Sigma C^2 : N = 26,4^2 : 24 = 696,96 : 24 = 29,04;$$

$$C_{AB} = \Sigma AB^2 : N = 19,8^2 : 24 = 392,04 : 24 = 16,34;$$

$$C_{AC} = \Sigma AC^2 : N = (-6,4)^2 : 24 = 1,71;$$

$$C_{BC} = \Sigma BC^2 : N = 15,8^2 : 24 = 10,40;$$

$$C_{ABC} = \Sigma ABC^2 : N = 16,6^2 : 24 = 11,48;$$

$$C_z = C_y - C_p - C_A - C_B - C_C - C_{AB} - C_{AC} - C_{BC} - C_{ABC} = 768,86 - 36,91 - 482,41 - 153,02 - 29,04 - 16,34 - 1,71 - 10,40 - 11,48 = 27,17.$$

Затем определяем число степеней свободы:

$$v_y = N - 1 = 24 - 1 = 23;$$

$$v_p = n - 1 = 3 - 1 = 2;$$

$$v_A = l_A - 1 = 2 - 1 = 1;$$

$$\begin{aligned}
v_B &= l_B - 1 = 2 - 1 = 1; \\
v_C &= l_C - 1 = 2 - 1 = 1; \\
v_{AB} &= (l_A - 1)(l_B - 1) = 1 \times 1 = 1; \\
v_{AC} &= (l_A - 1)(l_C - 1) = 1 \times 1 = 1; \\
v_{BC} &= (l_B - 1)(l_C - 1) = 1 \times 1 = 1; \\
v_{ABC} &= (l_A - 1)(l_B - 1)(l_C - 1) = 1 \times 1 \times 1 = 1; \\
v_z &= v_y - v_p - v_A - v_B - v_C - v_{AB} - v_{AC} - v_{BC} - v_{ABC} = 23 - 2 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 = 14.
\end{aligned}$$

Результаты дисперсионного анализа заносим в таблицу (табл. 59).

Таблица 59. Результаты дисперсионного анализа

Рассеивание	Сумма квадратов	v	s ²	F _{факт}	F _{теор}	
					0,95	0,99
Общее	768,86	23	-	-	-	-
Повторений	36,91	2	-	-	-	-
Сортов А	482,41	1	482,41	248,7	4,6	8,9
Циркона В	153,02	1	153,02	78,9	4,6	8,9
Годов С	29,04	1	29,04	15,0	4,6	8,9
Взаимодействия АВ	16,34	1	16,34	8,4	4,6	8,9
Взаимодействия АС	1,71	1	1,71	0,9	4,6	8,9
Взаимодействия ВС	10,40	1	10,40	5,4	4,6	8,9
Взаимодействия АВС	11,48	1	11,48	5,9	4,6	8,9
Ошибки	27,17	14	1,94	-	-	-

Делаем выводы о достоверности действия и взаимодействия факторов:

1) критерии Фишера фактические для факторов А, В, С равны соответственно 248,7; 78,9; 15,0 и значительно превышают $F_{0,95}$ и $F_{0,99}$, следовательно, действие сортов, циркона и погодных условий годов исследования как отдельных факторов достоверно;

2) взаимодействие факторов достоверно на обоих уровнях достоверности для факторов: сорта - обработка цирконом, обработка цирконом - погодные условия года, сорта - обработка цирконом - погодные условия года.

Рассчитываем ошибки обобщенные:

$$1) E = \sqrt{\frac{\sqrt{S_z^2}}{n}} = \sqrt{\frac{1,94}{3}} = 0,8;$$

$$2) E_A = \sqrt{\frac{\sqrt{S_z^2}}{l_A l_B n}} = \sqrt{\frac{1,94}{2 \times 2 \times 3}} = 0,4,$$

так как $l_A = l_B = l_C = 2$, то E_B и E_C будут равны E_A ;

$$3) E_{AC} = E_{BC} = E_{BC} = \sqrt{\frac{\sqrt{S_z^2}}{l_A n}} = \sqrt{\frac{1,94}{2 \times 3}} = 0,57.$$

Далее рассчитываем ошибки разности:

$$1) s_d = E \times 1,41 = 0,8 \times 1,41 = 1,13;$$

$$2) s_{dA} = E_A \times 1,41 = 0,56;$$

$$3) s_{dAB} = E_{AB} \times 1,41 = 0,80.$$

$s_{dA} = s_{dB} = s_{dC}$, так как $E_A = E_B = E_C$; также $s_{dAB} = s_{dAC} = s_{dBC}$.

Затем рассчитываем наименьшие существенные разности для $P_{0,95}$:

$$1) НСР_{0,95} = s_d \times t_{0,95} = 1,13 \times 2,15 = 2,43 \text{ т};$$

$$2) НСР_{ABC} = s_{dABC} \times t_{0,95} = 0,56 \times 2,15 = 1,20 \text{ т};$$

$$3) НСР_{AB, AC, BC} = s_{dAB, AC, BC} \times t_{0,95} = 0,80 \times 2,15 = 1,72 \text{ т}.$$

Итоги дисперсионного анализа записываем в итоговую таблицу (табл. 60).

Таблица 60. Итог дисперсионного анализа

А, сорта	В, циркон	С, ГОДЫ	x _{сред}	Разница по факторам			НСР _{0,95}	s _x %
				А	В	С		
Рогнеда	без обработки	2013	25,6	-	-	-	2,43	2,37
		2014	28,4	-	-	2,8		
	с обработкой	2013	30,0	-	4,4	-		
		2014	32,7	-	4,3	2,7		
Нантская 4	без обработки	2013	35,3	9,7	-	-		
		2014	34,3	5,9	-	-1,0		
	с обработкой	2013	39,3	9,3	4,0	-		
		2014	43,7	11,0	9,4	4,4		
НСР _{0,95}				1,20	1,20	1,20		
НСР _{AB, AC, BC} = 1,72								

Анализируя таблицу, можно отметить следующее: все разницы в урожайности по каждому фактору превышают значение $НСР_{0,95}$, следовательно, достоверность разницы на уровне $P_{0,95}$ доказана. Частные различия достоверны во всех случаях, где они превышают значение $НСР_{0,95}$, равное 2,43.

Таким образом, сравнение разниц с $НСР$ подтверждает результаты дисперсионного анализа по критерию F .

После этого рассчитываем относительную ошибку опыта по следующей формуле:

$$s_x \% = \left(\frac{E}{x_N} \right) \times 100 = \frac{0,8}{33,7} \times 100 = 2,37\%.$$

Для определения главных эффектов и взаимодействия факторов воспользуемся алгоритмом, представленным в таблице 61, где эффекты (последняя колонка) вычислим сложением средних значений каждого варианта, пользуясь знаками алгоритма «+» или «-». Так, сумма эффекта А, т. е. влияние сорта, составляет $-25,6+28,4-30,0-32,7+35,3+34,3-39,3+43,7 = 14,1$, а сам эффект получают делением суммы на 4: $14,1 : 4 = 3,525$.

Таблица 61. Вычисление главных эффектов и взаимодействия факторов на основании алгоритма

Эффект	0	a	b	c	ab	ac	bc	abc	Сумма	Результат эффектов
Итог	25,6	28,4	30,0	32,7	35,3	34,3	39,3	43,7	268,3	$X_N=33,7$
A	-	+	-	-	+	+	-	+	14,1	3,525
B	-	-	+	-	+	-	+	+	27,3	6,825
C	-	-	-	+	-	+	+	+	30,7	7,675
AB	+	-	-	+	+	-	-	+	5,3	1,325
AC	+	-	+	-	-	+	-	+	-2,1	-0,525
BC	+	+	-	-	-	-	+	+	4,7	1,175
ABC	-	+	+	+	-	-	-	+	3,0	0,75

Эффекты, превышающие $НСР_{0,95}$ (2,43), достоверны. Это относится к сортам (А), обработке цирконом (В) и погодным условиям года (С). Парные взаимодействия АВ, АС, ВС и тройные АВС недостоверны.

9.3.4. Опыт, размещенный методом смешивания

Допустим, в трехфакторном опыте $2 \times 2 \times 2$ изучают влияние схемы посадки (А), удобрения (В) и орошения (С) на урожайность земляники сорта Фестивальная (из Моисейченко и др., 1994). Опыт размещен методом смешивания. В нем четыре повторности и восемь блоков (табл. 62).

Таблица 62. Урожайность земляники, т/га, в опыте, размещенном методом смешивания

Вариант	Х по повторениям				Сумма	Х _{сред.}
	I	II	III	IV		
Блоки						
	1	4	6	7		
a	8,9	8,5	8,4	8,6	34,4	8,60
b	8,8	8,2	8,1	8,0	33,1	828
c	8,0	7,8	7,7	7,6	31,1	7,78
abc	91	10,4	95	9,9	38,9	9,73
Суммы по блокам Р ₁	34,8	34,9	33,7	34,1	-	-
Блоки						
	2	3	5	8		
0	7,1	7,0	7,4	6,9	28,4	7,1
ab	8,3	8,7	8,8	9,0	34,8	8,7
ac	9,6	8,7	8,8	9,1	36,2	9,05
abc	8,0	8,4	8,7	8,8	33,9	8,45
Суммы по блокам Р ₁	33,0	32,8	33,7	33,8	-	-
Суммы по повторениям	67,8	67,7	67,4	67,9	ΣX=270,8	X _N =8,46

Проверяют равенство $\Sigma P = \Sigma V = \Sigma X = 270,8$. В каждом блоке $l = 4$; $l_A = l_B = l_C = 2$; $n = 4$; $N = 32$; число блоков $n_1 = 8$. Далее вычисляют корректирующий фактор и другие показатели:

1. $C = (\Sigma X)^2 : N = 270,8^2 : 32 = 2291,65$.
2. Суммы квадратов:
 - 1) $C_Y = \Sigma X^2 - C = (8,9^2 + 8,5^2 + \dots + 8,8^2) - 2291,65 = 20,33$;
 - 2) $C_{p1} = \Sigma P_1^2 : l - C = (34,8^2 + 34,9^2 + 33,7^2 + 34,1^2 + 33,0^2 + 32,8^2 + 33,7^2 + 33,8^2) : 4 - 2291,65 = 0,98$;

$$3) C_V = \Sigma V^2 : n - C = (34,3^2 + 33,1^2 + 31,1^2 + 38,9^2 + 28,4^2 + 34,8^2 + 36,2^2 + 33,9^2) : 4 - 2291,65 = 17,51;$$

$$4) C_Z = C_Y - C_{p1} - C_V = 20,33 - 0,98 - 17,51 = 1,84.$$

Далее для вычисления сумм квадратов для главных эффектов А, В, С и их взаимодействия составляют таблицу (табл. 63).

Таблица 63. Суммы урожаев ягод для вычисления главных эффектов и их взаимодействий

Суммы по вариантам				Суммы сумм по факторам и взаимодействиям				
А	В	С		А	В	АВ	АС	ВС
		0	1					
0	0	1)28,4	2)31,1	A ₀ 126,5 (1+2+3+4)	B ₀ 130,1 (1+2+5+6)	A ₀ B ₀ 59,5 (1+2)	A ₀ C ₀ 61,5 (1+3)	B ₀ C ₀ 62,8 (1+5)
	1	3)33,1	4)33,9			A ₀ B ₁ 67,0 (3+4)	A ₀ C ₁ 65,0 (2+4)	B ₀ C ₁ 67,3 (2+6)
1	0	5)34,4	6)36,2	A ₁ 144,3 (5+6+7+8)	B ₁ 140,7 (3+4+7+8)	A ₁ B ₀ 70,6 (5+6)	A ₁ C ₀ 69,2 (5+7)	B ₁ C ₀ 67,0 (3+7)
	1	7)34,8	8)38,9			A ₁ B ₁ 73,7 (7+8)	A ₁ C ₁ 75,1 (6+8)	B ₁ C ₁ 72,8 (4+8)
Суммы сумм С		C ₀ 130,7	C ₁ 140,1	-	-	-	-	-

Затем определяются суммы квадратов главных эффектов А, В, С и взаимодействий АВ, АС, ВС:

$$1) C_A = \Sigma A^2 : (l_B l_C n) - C = (126,5^2 + 144,3^2) : (2 \times 2 \times 4) - 2291,65 = 9,896;$$

$$2) C_B = \Sigma B^2 : (l_A l_C n) - C = (130,1^2 + 140,7^2) : (2 \times 2 \times 4) - 2291,65 = 3,506;$$

$$3) C_C = \Sigma C^2 : (l_A l_B n) - C = (130,7^2 + 140,1^2) : (2 \times 2 \times 4) - 2291,65 = 2,756;$$

$$4) C_{A+B+AB} = \Sigma AB^2 : (l_C n) - C = (59,5^2 + 67,0^2 + 70,6^2 + 73,7^2) : (2 \times 4) - 2291,65 = 14,01$$

$$5) C_{B+C+BC} = \Sigma BC^2 : (l_A n) - C = (62,8^2 + 67,3^2 + 67,9^2 + 72,8^2) :$$

$$(2 \times 2 \times 4) - 2291,65 = 6,273;$$

$$6) C_{A+C+AC} = \Sigma AC^2 : (l_B n) - C = (61,5^2 + 65,0^2 + 69,2^2 + 75,1^2) : (2 \times 2 \times 4) - 2291,65 = 12,83;$$

$$7) C_{AB} = C_{A+B+AB} - C_A - C_B = 14,01 - 9,896 - 3,506 = 0,608;$$

$$8) C_{AC} = C_{A+C+AC} - C_A - C_C = 12,83 - 9,896 - 2,756 = 0,178;$$

$$9) C_{BC} = C_{B+C+BC} - C_B - C_C = 6,273 - 3,506 - 2,756 = 0,01.$$

После этого составляют таблицу результатов дисперсионного анализа (табл. 64).

Таблица 64. Результаты дисперсионного анализа трехфакторного опыта $2 \times 2 \times 2$

Рассеивание	Сумма квадратов	v	s2	Fфакт	Fтеор	
					0,95	0,99
Общее	20,33	31	-		4,41	8,28
Блоков	0,98	7	-			
Схемы посадки А	9,896	1	9,896	97,0		
Удобрения В	3,506	1	3,506	34,4		
Орошение С	2,756	1	2,756	27,0		
Взаимодействия АВ	0,608	1	0,608	6,0		
Взаимодействия АС	0,178	1	0,178	1,75		
Взаимодействия ВС	0,01	1	0,01	0,11		
Ошибки	1,84	18	0,102			

Выводы из результатов дисперсионного анализа следующие:

1. Влияние на урожайность схем посадки, удобрения и орошения достоверно на уровнях вероятности $P_{0,95}$ и $P_{0,99}$.

2. Взаимодействие двух факторов: схем посадки и удобрения – достоверно на уровне $P_{0,95}$.

Далее рассчитывают наименьшие существенные разности:

1) для частных различий ($t_{0,95} = 2,1$)

$$HCP_{0,95} = t_{0,95} \times \sqrt{\frac{2s_z^2}{n}} = 2,1 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,102}{4}} = 2,3 \text{ м/га};$$

2) для главных эффектов и их взаимодействий при $l_A l_B n = l_A l_C n = l_B l_C n = 2 \times 2 \times 4 = 16$

$$HCP_{0,95} = t_{0,95} \times \sqrt{\frac{s_z^2}{2 \times 2 \times 4}} = 2,1 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,102}{16}} = 2,4 \text{ м/га}.$$

Все частные разности между любыми вариантами опыта, превышающие 2,3 т, достоверны. Все различия для главных эффектов и их парные взаимодействия, превышающие 2,4 т, также достоверны на уровне вероятности $P_{0,95}$. Взаимодействие АВС нельзя оценить, так как оно смешано с межблоковыми различиями.

Затем рассчитывают обобщенную и относительную ошибки и делают вывод о точности опыта:

$$E = \sqrt{\frac{s_z^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,102}{4}} = 0,16;$$

$$s_x \% = \left(\frac{E}{x_N} \right) \times 100 = \left(\frac{0,16}{8,46} \right) \times 100 = 1,9\%.$$

Точность опыта – высокая.

9.3.5. Опыт с неполными факториальными схемами

Сорта плодовых, ягодных, овощных культур, винограда предъявляют разные требования к удобрению, орошению, площади питания, схемам формирования. Поэтому сорта с разной чувствительностью к элементам агротехники следует изучать в разных условиях. Например, чтобы оценить продуктивность таких сортов яблони, как Джонатан и Ренет Симиренко, у которых диаметр кроны различается в 1,5 раза, их надо выращивать на разных площадях питания. Но при этом нарушается принцип полного факториального эксперимента и нельзя проводить обычный дисперсионный анализ. В таких случаях используют иерархический дисперсионный анализ.

Далее использованы данные и расчеты из (Моисейченко и др., 1994). Так, в опыте изучали площади питания яблонь сортов Джонатан (6 х 4, 6 х 5, 6 х 6 м) и Ренет Симиренко (8 х 6, 8 х 7, 8 х 8 м) и получили следующие урожайности (табл. 65).

Таблица 65. Урожайность молодых яблонь двух сортов, т/га

Фактор А, сорт	Фактор В, площадь питания, м	Х по повторениям				В	А
		I	II	III	IV		
Джонатан	6×4	6,3	7,2	6,8	7,1	27,4	67,3
	6×5	5,7	6,4	5,9	5,2	23,2	
	6×6	4,0	4,4	3,8	4,5	16,7	
Ренет Си- миренко	8×6	7,7	8,1	8,8	7,9	32,5	84,1
	8×7	6,9	6,8	7,0	7,2	27,9	
	8×8	5,5	5,9	6,3	6,0	23,7	
ΣХ=151,4		ΣВ=151,4				ΣА=151,4	

$l_A = 2$; $l_B = 3$; $n = 4$; $l = l_A l_B = 2 \times 3 = 6$; $N = l \times n = 6 \times 4 = 24$.

1. Корректирующий фактор $C = (\Sigma X)^2 : N = 151,4^2 : 24 = 955,08$.

2. Сумма квадратов:

1) $C_y = \Sigma X^2 - C = (6,3^2 + 7,2^2 + 6,8^2 + \dots + 6,0^2) - 955,08 = 57,39$;

2) $C_A = \Sigma A^2 : (l_B n) - C = (67,3^2 + 84,1^2) : (3 \times 4) - 955,08 = 11,76$;

3) $C_B = \Sigma B^2 : n - C = (27,4^2 + 23,2^2 + 16,7^2 + 32,5^2 + 27,9^2 + 23,7^2) : 4 - 955,08 = 35,98$;

4) $C_z = C_y - C_A - C_B = 57,39 - 11,76 - 35,98 = 9,65$.

3. Число степеней свободы:

$v_y = N - 1 = 24 - 1 = 23$; $v_A = l_A - 1 = 2 - 1 = 1$; $v_B = l_A(l_B - 1) = 2(3 - 1) = 4$; $v_z = v_y - v_A - v_B = 23 - 1 - 4 = 18$.

Составляют таблицу результатов дисперсионного анализа (табл. 66).

Таблица 66. Результаты дисперсионного анализа

Рассеивание	Сумма квадратов	v	s^2	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор}}$	
					0,95	0,99
Общее	57,39	23	-			
Фактора А	11,76	1	11,76	1,3	4,41	8,28
Фактора В	35,98	4	8,99	16,8	2,93	5,58
Ошибки	9,65	18	0,53	-	-	-

$F_A = s_A^2 : s_B^2 = 11,76 : 8,99 = 1,3$; $F_B = s_B^2 : s_z^2 = 8,99 : 0,53 = 16,8$.

Выводы. Достоверно влияет на урожай изучаемых сортов яблони только площадь питания, зависимость урожая от сорта

недостоверна. Так как градации по фактору В разные, достоверность их взаимодействия не оценивается.

9.4. Дисперсионный анализ результатов вегетационных опытов

При проведении вегетационных опытов, если только не изучают плодородие различных типов почв, почва во всех сосудах опыта должна быть одинаковой. При этом изменение ее плодородия должно быть минимально, чтобы не было необходимости контролировать его варьирование.

Одним из требований вегетационных опытов является регулярная перестановка сосудов, которая обеспечивает растениям одинаковые условия и таким образом устраняет варьирование в зависимости от места нахождения в вегетационном домике. В связи с этим отпадает необходимость вычислять рассеивание повторений C_p . Исключением являются опыты в очень больших сосудах, которые от начала и до конца эксперимента стоят на постоянных местах.

9.4.1. Однофакторный вегетационный опыт

Рассмотрим, как проводится дисперсионный анализ результатов однофакторного вегетационного опыта, в котором изучали влияние доз удобрений на высоту рассады перца сладкого. Число повторностей равно 5 ($n=5$).

Результаты учетов приведены в таблице 67.

Необходимо определить: 1) достоверна ли разница между вариантами с удобрением и без него, а также между вариантами с различными дозами удобрения; 2) какова точность проведенных исследований.

Таблица 67. Высота рассады перца сладкого в почвенных культурах, см, в зависимости от доз удобрений

Номер варианта	Доза удобрений	Номер сосуда					$X_{\text{сред}}$	Разница
		1	2	3	4	5		
1	0	17,5	18,2	17,9	18,4	17,4	17,9	-
2	(NPK) _{0,5}	22,5	23,1	21,7	24,1	23,0	22,9	5,0
3	(NPK) ₁	26,8	27,3	28,1	27,9	26,8	27,4	9,5

Ход дисперсионного анализа следующий:

1. Вычисляют общее число сосудов в опыте $N = In = 3 \times 5 = 15$.

2. Вычисляют среднее значение высоты рассады перца по всему опыту x_N , для чего суммируют все даты и делят сумму на 15:

$$x_N = (17,5 + 18,2 + \dots + 26,8) : 15 = 22,7.$$

3. Округляют полученное значение до 22 и берут его за произвольное начало А.

4. Вычисляют отклонение каждого значения высоты рассады от произвольного начала (табл. 68): $17,5 - 23 = -5,5$; $18,2 - 23 = -4,8$ и т.д.

Таблица 68. Отклонения от произвольного начала

Номер варианта	Отклонение по сосудам					ΣV
	1	2	3	4	5	
1	-4,5	-3,8	-4,1	-3,6	-4,6	-20,6
2	0,5	1,1	-0,3	2,1	1,0	4,4
3	4,8	5,3	6,1	5,9	4,8	26,9
$\Sigma X = 10,7$						

Далее рассчитывают:

5. Корректирующий фактор $C = (\Sigma X)^2 : N = 10,7^2 : 15 = 7,63$.

6. Сумма квадратов общего рассеивания $C_y = \Sigma X^2 - C = (4,5^2 + 3,8^2 + \dots + 4,8^2) - 7,63 = 243,57 - 7,63 = 235,94$.

7. Сумма квадратов рассеивания вариантов $C_v = \Sigma V^2 : n = (20,6^2 + 4,4^2 + 26,9^2) : 5 = (424,36 + 19,36 + 723,61) : 5 = 233,47$.

8. Сумма квадратов остатка $C_z = C_y - C_v = 235,94 - 233,47 = 2,47$.

Составляют таблицу результатов дисперсионного анализа (табл. 69).

Таблица 69. Результаты дисперсионного анализа

Рассеивание	Сумма квадратов	v	s ²	F _{факт}	F _{теор}	
					0,95	0,99
Общее	235,94	14	-			
Вариантов	233,47	2	116,74	555,9	3,88	6,93
Ошибки	2,47	12	0,21	-		

9. Рассчитывают число степеней свободы:

$$v_y = 15 - 1 = 14; v_v = l - 1 = 3 - 1 = 2; v_z = v_y - v_v = 14 - 2 = 12.$$

10. Далее определяют дисперсии:

$$s_v^2 = C_v : v_v = 233,47 : 2 = 116,74; s_z^2 = C_z : v_z = 2,47 : 12 = 0,21.$$

11. Затем рассчитывают критерий Фишера фактический – $F_{\text{факт}} = s_v^2 : s_z^2 = 116,74 : 0,21 = 555,9$.

12. После этого по таблицам 2 и 3 приложений находят критерий Фишера теоретический при уровнях вероятности $P_{0,95}$ и $P_{0,99}$. Получают $F_{0,95} = 3,88$; $F_{0,99} = 6,93$.

13. Затем сравнивают $F_{\text{факт}}$ с $F_{\text{теор}}$. Так как $F_{\text{факт}}$ больше $F_{0,95}$ и $F_{0,99}$, разность считают достоверной на обоих уровнях вероятности.

14. Далее рассчитывают обобщенную ошибку опыта:

$$E = \sqrt{\frac{s_z^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,21}{5}} = 0,20.$$

15. После определяют ошибку разности:

$$s_d = E \times 1,41 = 0,20 \times 1,41 = 0,28.$$

Для определения наименьшей существенной разности определяют критерий Стьюдента по таблицам приложений по числу степеней свободы $v_z = 12 - t_{0,95} = 2,16$; $t_{0,99} = 3,06$.

16. Отсюда наименьшая существенная разность будет равна:

$$1) \text{НСР}_{0,95} = s_d \times t_{0,95} = 0,28 \times 2,16 = 0,60;$$

$$2) \text{НСР}_{0,99} = s_d \times t_{0,99} = 0,28 \times 3,06 = 0,86.$$

17. И, наконец, определяют относительную ошибку опыта:

$$s_x \% = \left(\frac{E}{\bar{x}_N} \right) \times 100 = \left(\frac{0,28}{22,7} \right) \times 100 = 1,23\%.$$

Составляют итоговую таблицу дисперсионного анализа (табл. 70).

Таблица 70. Итоговая таблица дисперсионного анализа

Доза удобрений	$X_{\text{сред}}$	Разница	НСР		$s_x\%$
			0,95	0,99	
0	17,9	-	0,60	0,86	1,23
0,5	22,9	5,0			
1	27,4	9,5			

18. Определяют достоверность различий между вариантами, пользуясь правилом: если разница равна или больше НСР, различия достоверны. Так как разница между контролем и вариантами с $(\text{NPK})_{0,5}$ и $(\text{NPK})_1$ составляет соответственно 5,0 и 9,5 см, что больше $\text{НСР}_{0,95}$ и $\text{НСР}_{0,99}$, различия можно считать достоверными на обоих уровнях вероятности. Также можно определить достоверность различий между вариантами с $(\text{NPK})_{0,5}$ и $(\text{NPK})_1$: $27,4 - 22,9 = 4,5$. Эта разница тоже достоверна, ибо превышает НСР.

19. Так как ошибка $s_x\%$ равна 1,23%, точность опыта считают высокой.

Рассмотренный дисперсионный анализ применим к опыту, в каждом варианте которого одинаковое число сосудов. Однако число сосудов в вариантах может по тем или иным причинам различаться. В этом случае результаты опытов обрабатывают по описанной выше схеме с 1-го по 13-й пункт включительно. В пункте 14 обобщенную ошибку вычисляют отдельно для сравнения 1-го варианта со 2-м, 1-го с 3-м и 2-го с 3-м.

Пусть в 1-м варианте четыре сосуда, во 2-м - три, а в 3-м - пять.

20. Обобщенная ошибка:

$$\text{для 1-го и 2-го вариантов равна } E_1 = \sqrt{\frac{s_z^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,21}{4 \times 3}} = 0,13;$$

$$\text{для 2-го и 3-го вариантов равна } E_2 = \sqrt{\frac{s_z^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,21}{3 \times 5}} = 0,12;$$

$$\text{для 1-го и 3-го вариантов равна } E_3 = \sqrt{\frac{s_z^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,21}{4 \times 5}} = 0,10.$$

21. Ошибки разности s_{d1} , s_{d2} , s_{d3} вычисляют тоже для этих пар вариантов.

НСР вычисляют также для трех пар: $НСР_1$, $НСР_2$, $НСР_3$. А выводы делают на основании сравнения разности внутри пары вариантов с соответствующими значениями НСР.

Аналогично анализируют результаты опытов по хранению плодоовощной продукции, в которых повторения не организованы, следовательно, нет необходимости их контролировать, т. е. вычислять C_p .

9.4.2. Двухфакторный вегетационный опыт

Рассмотрим вегетационный опыт, в котором изучали рост сеянцев томата на питательных смесях Кнопа, Гельригеля и Молиша. Каждую смесь брали в полной и половинной дозах (табл. 71).

Таблица 71. Высота растений томата, см, в зависимости от дозы питательных смесей в песчаной культуре

Доза, фактор А	Питательная смесь, фактор В	Номер сосуда			ΣV	$X_{\text{сред}}$
		1	2	3		
0,5	Кнопа	21	16	15	52	17,3
	Гельригеля	15	17	27	59	19,7
	Молиша	19	21	17	57	19,0
1,0	Кнопа	17	6	5	28	9,3
	Гельригеля	24	10	15	49	16,3
	Молиша	4	5	6	15	5,0
$\Sigma X = 260$						14,4

Число вариантов по факторам: $l_A = 2$; $l_B = 3$; число повторностей (сосудов) $n = 3$. Общее число сосудов в опыте $N = 2 \times 3 \times 3 = 18$.

Далее следуют обычные вычисления:

1. Средняя арифметическая по всему опыту 14,4.
2. Корректирующий фактор $C = (\Sigma X)^2 : N = 260^2 : 18 = 3755,6$.

3. Сумма квадратов общего рассеивания $C_y = \Sigma X^2 - C = (21^2 + 16^2 + 15^2 + 15^2 + 17^2 + 27^2 + 19^2 + 21^2 + 17^2 + 17^2 + 6^2 + 5^2 + 24^2 + 10^2 + 15^2 + 4^2 + 5^2 + 6^2) - 3755,6 = 4584 - 3755,6 = 828,4$.

4. Сумма квадратов вариантов $C_v = (\Sigma V^2 : n) - C = (52^2 + 59^2 + 57^2 + 28^2 + 49^2 + 15^2) : 3 - 3755,6 = 4281,3 - 3755,6 = 525,7$.

5. Сумма квадратов ошибки $C_z = C_y - C_v = 828,4 - 525,7 = 302,7$.

Далее составляют таблицу оценки взаимодействия факторов (табл. 72).

Таблица 72. Оценка взаимодействия факторов

Фактор А	Фактор В			Сумма А
	Кноп	Гельригеля	Молиша	
0,5	52	59	57	168
1,0	28	49	15	92
Сумма В	80	108	72	260

6. Сумма квадратов фактора А – $CA = \Sigma A^2 : (l_B \times n) - C = (168^2 + 92^2) : (3 \times 3) - 3755,6 = 4076,4 - 3755,6 = 320,8$.

7. Сумма квадратов фактора В – $CB = \Sigma B^2 : (l_A \times n) - C = (80^2 + 108^2 + 72^2) : (2 \times 3) - 3755,6 = 3874,7 - 3755,6 = 119,1$.

8. Сумма квадратов фактора взаимодействия АВ – $C_{AB} = C_y - CA - CB = 525,7 - 320,8 - 119,1 = 85,8$.

9. Определяют число степеней свободы:

$$v_y = N - 1 = 18 - 1 = 17;$$

$$v_A = l_A - 1 = 2 - 1 = 1;$$

$$v_B = l_B - 1 = 3 - 1 = 2;$$

$$v_{AB} = (l_A - 1)(l_B - 1) = 1 \times 2 = 2;$$

$$v_z = v_y - v_A - v_B - v_{AB} = 17 - 1 - 2 - 2 = 12.$$

10. Рассчитывают дисперсии:

$$s_A^2 = C_A : v_A = 320,8 : 1 = 320,8;$$

$$s_B^2 = C_B : v_B = 119,1 : 2 = 59,55;$$

$$s_{AB}^2 = C_{AB} : v_{AB} = 85,8 : 2 = 42,9;$$

$$s_z^2 = C_z : v_z = 302,7 : 12 = 25,23.$$

11. Рассчитывают критерии Фишера:

$$F_A = s_A^2 : s_z^2 = 320,8 : 25,23 = 12,72;$$

$$F_B = s_B^2 : s_z^2 = 59,55 : 25,23 = 2,36;$$

$$F_{AB} = s_{AB}^2 : s_z^2 = 42,9 : 25,23 = 1,70.$$

12. Определяют достоверность действия и взаимодействия факторов, сравнивая $F_{\text{факт}}$ с $F_{\text{теор}}$. При этом считают, что действие или взаимодействие факторов достоверно, если $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$.

Затем составляют таблицу результатов дисперсионного анализа (табл. 73).

Таблица 73. Результаты дисперсионного анализа

Рассеивание	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор}}$	
					0,95	0,99
Общее	828,4	17	-	-	-	-
Дозы А	320,8	1	320,8	12,72	4,75	9,33
Смесей В	119,1	2	59,55	2,36	3,88	6,93
Взаимодействия АВ	85,8	2	42,9	1,70	3,88	6,93
Ошибки	302,7	12	25,23	-	-	-

Вывод. Влияние питательных смесей на высоту растений томата и взаимодействие состава смесей с дозами не достоверно, а действие доз достоверно на уровнях $P_{0,95}$ и $P_{0,99}$.

13. Обобщенная ошибка опыта

$$E = \sqrt{\frac{s_z^2}{n}} = \sqrt{\frac{25,23}{3}} = 2,9.$$

14. Ошибка разности $s_d = E \times 1,41 = 2,9 \times 1,41 = 4,09$.

15. Наименьшие существенные разности составляют:

$$НСР_{0,95} = s_d \times t_{0,95} = 4,09 \times 2,18 = 8,92 \text{ см};$$

$$НСР_{0,99} = s_d \times t_{0,99} = 4,09 \times 3,06 = 12,52 \text{ см}.$$

Составляют итоговую таблицу (табл. 74).

Таблица 74. Итоговая таблица

Фактор А	Фактор В	$X_{\text{сред}}$	Разница по факторам		НСР	
			А	В	0,95	0,99
0,5	Кнопка	17,3	6,0	-	8,92	12,52
	Гельригеля	19,7	3,4	2,4		
	Молиша	19,0	14,0	1,7		
1,0	Кнопка	9,3	-	-		
	Гельригеля	16,3	-	7,0		
	Молиша	5,0	-	-4,3		

Вывод. Достоверное увеличение высоты растений томата наблюдается при уменьшении дозы питательной смеси Молиша до 0,5. Между остальными вариантами различия недостоверны.

9.5. Недисперсионные методы статистической обработки данных

Дробный метод. Опыты, размещенные систематически, обрабатывают дробным методом. Суть его сводится к вычислению ошибки средней арифметической для каждого варианта и ошибок разностей для каждой пары вариантов. Достоверность разностей оценивают по критерию t . В качестве примера возьмем опыт, в котором изучали урожайность яблони сорта Пепин литовский в зависимости от удобрения (результаты учетов и расчеты взяты из Моисейченко и др., 1994) (табл. 75).

Таблица 75. Урожайность яблони Пепин литовский, т/га, в зависимости от удобрения. Обработка результатов дробным методом

	Без удобрений				NPK				NK			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
\bar{x}	1,46	1,75	1,88	1,36	1,56	2,08	2,09	2,00	2,18	2,17	1,88	2,37
$\bar{x} - \bar{x}_{cp}$	-0,15	0,14	0,27	-0,25	-0,38	0,14	0,15	0,06	0,03	0,02	-0,27	0,22
$(\bar{x} - \bar{x}_{cp})^2$	0,0225	0,0196	0,0729	0,0625	0,1444	0,0196	0,0225	0,0036	0,0009	0,0004	0,0729	0,0484
	$\bar{x}_{1cp}=1,61$				$\bar{x}_{2cp}=1,94$				$\bar{x}_{3cp}=2,15$			
$s_{\bar{x}}$	$s_{\bar{x}_1} = \sqrt{\frac{0,177}{4 \times 3}} = 0,12$				$s_{\bar{x}_2} = \sqrt{\frac{0,191}{4 \times 3}} = 0,13$				$s_{\bar{x}_3} = \sqrt{\frac{0,177}{4 \times 3}} = 0,12$			
s_d	-				$s_{d_{1,2}} = \sqrt{0,12^2 + 0,13^2} = 0,173$				$s_{d_{1,2}} = \sqrt{0,12^2 + 0,1^2} = 0,156$			
t	-				$t_{1,2} = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{s_d} = \frac{1,94 - 1,61}{0,173} = 1,9$				$t_{1,3} = \frac{\bar{x}_3 - \bar{x}_1}{s_d} = \frac{2,15 - 1,61}{0,156} = 3,4$			
$s_{\bar{x}}\%$	$s_{\bar{x}_1} \% = \sqrt{\frac{0,12 \times 100}{1,61}} = 7,5\%$				$s_{\bar{x}_2} \% = \sqrt{\frac{0,13 \times 100}{1,94}} = 6,7\%$				$s_{\bar{x}_3} \% = \sqrt{\frac{0,1 \times 100}{2,15}} = 4,7\%$			

Для вычислений используют следующие формулы:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}; \quad s_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n(n-1)}}; \quad s_d = \sqrt{s_{x_1}^2 + s_{x_2}^2};$$

$$t_{\text{факт}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_d}; \quad s_x \% = \frac{s_x \times 100}{\bar{x}}.$$

Критерии Стьюдента теоретические находят по числу степеней свободы $\nu = (n_1-1) + (n_2-1) = (4-1) + (4-1) = 6$; $t_{0,95} = 2,45$; $t_{0,99} = 3,71$.

Выводы. Критерий Стьюдента фактический для 1-го и 2-го вариантов равен 1,9, что меньше $t_{0,95}$ и $t_{0,99}$, следовательно, разница $\bar{x}_2 \text{ сред} - \bar{x}_1 \text{ сред} = 1,94 - 1,61 = 0,33$ т/га недостоверна. Достоверность разницы между 3-м и 1-м вариантами $\bar{x}_3 \text{ сред} - \bar{x}_1 \text{ сред} = 2,15 - 1,61 = 0,54$ т/га доказывается на уровне вероятности $P_{0,95}$. Относительные ошибки средних арифметических составляют 7,5; 6,7 и 4,7%. Средняя из трех ошибок $(7,5 + 6,7 + 4,7) : 3 = 6,3\%$, следовательно, точность опыта удовлетворительная.

Разностный метод. Используется для экспериментов, варианты в которых размещены стандартными методами: ямб-методом, дактиль-методом, парным методом Константинова. При таком размещении рядом с каждым вариантом находится стандарт (контроль), поэтому при изменении урожая в варианте изменяется соответственно и урожай в контроле, т. е. создается сопряженность урожаев. Чтобы показать эффективность метода, создадим такую сопряженность в данных предыдущего опыта (табл. 76).

Таблица 76. Урожайность яблони Пепин литовский, т/га,
в зависимости от удобрения. Обработка результатов
разностным методом

Повто- вто- рение	X по вариантам		d	d-d _{сред}	(d-d _{сред}) ²
	НРК	Без удоб- рения			
I	1,56	1,36	0,20	-0,12	0,0144
II	2,00	1,46	0,54	0,22	0,0484
III	2,08	1,75	0,33	0,01	0,0001
IV	2,09	1,88	0,21	-0,11	0,0121
	x _{2 сред} =1,94	x _{1 сред} =1,61	d _{сред} =0,32	Σ(d-d _{сред}) ² = 0,075	
	NK	Без удоб- рения			
I	1,88	1,36	0,52	-0,02	0,0004
II	2,17	1,46	0,71	0,17	0,0289
III	2,18	1,75	0,43	-0,11	0,0121
IV	2,37	1,88	0,49	-0,05	0,0025
	x _{3 сред} =2,15	x _{1 сред} =1,61	d _{сред} =0,54	Σ(d-d _{сред}) ² = 0,0439	

Для вычисления используют следующие формулы:

$$s_{d1,2} = \sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{0,075}{4(4-1)}} = 0,08;$$

$$s_{d1,3} = \sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{0,0439}{4(4-1)}} = 0,06;$$

$$t_{1,2} = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{s_{d1,2}} = \frac{1,94 - 1,61}{0,08} = 4,1;$$

$$t_{1,3} = \frac{\bar{x}_3 - \bar{x}_1}{s_{d1,3}} = \frac{2,15 - 1,61}{0,06} = 9,0.$$

Критерии Стьюдента теоретические берут для $v = (n_1-1) + (n_2-1) = (4-1) + (4-1) = 6$; $t_{0,95} = 2,45$; $t_{0,99} = 3,71$.

Выводы. Для 1-го и 2-го вариантов $t_{\text{факт}} (4,1)$ больше $t_{0,95}$ и $t_{0,99}$, следовательно, различия между этими вариантами достоверны на уровнях вероятности $P_{0,95}$ и $P_{0,99}$. Аналогичные выводы можно сделать для различий между 3-м и 1-м вариантами.

Относительную ошибку опыта вычисляют по следующей формуле А.С. Молостова:

$$s_x \% = \frac{100 \times l \times \sum s_d}{1,41 \times (l-1) \times \sum x} = \frac{100 \times 3 \times (0,08 + 0,06)}{1,41 \times (l-1) \times (1,94 + 1,61 + 2,15)} = 3,2\%.$$

Значение $s_x \%$ свидетельствует о достаточной точности опыта.

9.6. Обработка результатов исследований с качественной изменчивостью

При качественной изменчивости исследуемый признак в выборках может присутствовать или отсутствовать. Чаще всего в выборке имеются только две градации, две альтернативы – наличие или отсутствие изучаемого признака. Такая изменчивость называется альтернативной. Примеры альтернативной изменчивости: число погибших от гербицида и выживших сорняков, погибших от инсектицида и оставшихся в живых вредителей, спелых и зеленых плодов, прижившихся и погибших растений рассады, пораженных и непораженных болезнью листьев, плодов, ветвей и т. п.

Иногда качественная изменчивость имеет больше двух градаций: число красных, бурых и зеленых плодов томатов, число сорняков, погибших от гербицидов, частично поврежденных и неповрежденных.

Рассмотрим, как обрабатывают результаты опыта с наиболее часто встречающейся альтернативной изменчивостью. В опыте, где для борьбы с фитофторой плодов томата использовали фунгицид, установлено: 1) в варианте без фунгицида из 100 плодов, взятых подряд, поражено 23; 2) в варианте, где обрабатывали одной дозой фунгицида, из 150 плодов поражено 10; 3) в варианте, где обрабатывали 1,5 дозы фунгицида, из 200 плодов поражено 12. Необходимо установить

достоверность разницы в степени поражения плодов в разных вариантах.

При анализе результатов опыта используют следующую информацию. Объем выборки первого варианта был $N_1 = 100$, второго – $N_2 = 150$, третьего – $N_3 = 200$. Число пораженных плодов томата в первом варианте было $n_1 = 23$, во втором – $n_2 = 10$, в третьем – $n_3 = 12$. Доля наличия признака в первом варианте была $p_1 = n_1 : N_1$, во втором варианте – $p_2 = n_2 : N_2$, в третьем варианте – $p_3 = n_3 : N_3$. Доля отсутствия признака в первом варианте была $q_1 = 1 - p_1$, во втором варианте – $q_2 = 1 - p_2$, в третьем варианте – $q_3 = 1 - p_3$.

Решение: $p_1 = 23/100 = 0,23$; $q_1 = 1 - 0,23 = 0,77$; $p_2 = 10/150 = 0,07$; $q_2 = 1 - 0,07 = 0,93$; $p_3 = 12/200 = 0,06$; $q_3 = 1 - 0,06 = 0,94$.

Для определения достоверности различий между вариантами вычисляют критерий достоверности $t_{\text{факт}}$:

$$t_{1,2} = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{\frac{p_1 \times q_1}{N_1} + \frac{p_2 \times q_2}{N_2}}} = \frac{0,23 - 0,07}{\sqrt{\frac{0,23 \times 0,77}{100} + \frac{0,07 \times 0,93}{100}}} = 3,4;$$

$$t_{1,3} = \frac{p_1 - p_3}{\sqrt{\frac{p_1 \times q_1}{N_1} + \frac{p_3 \times q_3}{N_3}}} = \frac{0,23 - 0,06}{\sqrt{\frac{0,23 \times 0,77}{100} + \frac{0,06 \times 0,94}{100}}} = 3,75;$$

$$t_{2,3} = \frac{p_3 - p_2}{\sqrt{\frac{p_2 \times q_2}{N_1} + \frac{p_3 \times q_3}{N_2}}} = \frac{0,07 - 0,06}{\sqrt{\frac{0,07 \times 0,93}{100} + \frac{0,06 \times 0,94}{100}}} = 0,37.$$

Число степеней свободы $v = (N_1 - 1) + (N_2 - 1) = (100 - 1) + (150 - 1) = 248$. Критерии Стьюдента теоретические: $t_{0,95} = 1,96$; $t_{0,99} = 2,58$.

Выводы.

1. В результате применения одной и полуторной доз фунгицида пораженность плодов томата фитофторой достоверно снижается; достоверность доказывается на уровнях вероятности $P_{0,95}$ и $P_{0,99}$.

2. Так как между вторым и третьим вариантом достоверной разницы нет, увеличивать дозу фунгицида до полуторной нецелесообразно.

Аналогично обрабатывают опыты с другими показателями альтернативной изменчивости.

9.7. Определение соответствия между фактическими и ожидаемыми распределениями по χ^2 -критерию

Критерий χ^2 (хи-квадрат), предложенный К. Пирсоном, используют для определения: 1) соответствия фактических и ожидаемых (теоретических) частот при скрещивании сортов; 2) достоверности различия в степени подмерзания сортов, поражения и повреждения растений на различных агрофонах; 3) подчинения фактического распределения нормальному, биномиальному распределению; 4) принадлежности выборки к данной совокупности и т. д.

В перечисленных анализах используют *только частоты* тех или иных показателей, но не показатели, выраженные единицами измерений или взвешивания. Частот должно быть не менее 50, а в каждой группе (классе) - не менее пяти наблюдений.

Пример 1. Обследовано 115 садов на степень подмерзания двух сортов яблони: Кальвиль снежный и Ренет Симиренко. Фактическое число хозяйств с подмерзшими деревьями f , ожидаемое - F (результаты учетов и расчеты взяты из Моисейченко и др., 1994) (табл. 77).

Таблица 77. Число хозяйств (частота) с подмерзшими яблонями

Сорт	Слабое подмерзание		Сильное подмерзание		Сумма	
					f	F
Кальвиль снежный	f_1 28	F_1 22	f_2 11	F_2 17	39	39
Ренет Симиренко	f_3 37	F_3 43	f_4 39	F_4 33	76	76
Сумма	65	65	50	50	115	115

Чтобы определить, соответствует ли фактическое подмерзание насаждений ожидаемому, вычисляют следующие показатели.

1. Процент хозяйств со слабым и сильным подмерзанием:

1) со слабым $(65 \times 100) : 115 = 56,5$;

2) с сильным $(50 \times 100) : 115 = 43,5$.

2. Ожидаемые частоты:

$F_1 = (39 \times 56,5) : 100 = 22$; $F_2 = (39 \times 43,5) : 100 = 17$;

$F_3 = (76 \times 56,5) : 100 = 22$; $F_4 = (76 \times 43,5) : 100 = 33$.

3. Критерий χ^2 фактический

$$\chi^2 = \frac{(f_1 - F_1)^2}{1} + \frac{(f_2 - F_2)^2}{2} + \frac{(f_3 - F_3)^2}{3} + \frac{(f_4 - F_4)^2}{4} =$$

$$= \frac{(28 - 22)^2}{22} + \frac{(17 - 17)^2}{17} + \frac{(37 - 43)^2}{43} + \frac{(39 - 33)^2}{33} = 5,69.$$

4. Число степеней свободы $\nu = (C-1)(k-1) = (2-1)(2-1) = 1$, где C – строка; k – столбец в таблице 4 приложений.

$$\chi^2_{0,95} = 3,84; \chi^2_{0,99} = 6,63.$$

Вывод. Фактическое значение χ^2 (5,69) больше $\chi^2_{0,95}$ (3,84), следовательно, подмерзание садов достоверно меньше ожидаемого.

Пример 2. В опытах Т.С. Фадеевой (по М.Е. Лобашову, 1967) изучали наследование признаков у земляники. Во втором поколении дигибридного скрещивания при неполном доминировании двух параллелей ожидалось расщепление по фенотипу в отношении $(1:2:1)^2$ или 1:2:2:4:1:2:1:2:1. Фактически получено следующее число растений, различающихся по форме чашечки (табл. 78). Необходимо определить соответствие фактического расщепления ожидаемому.

Вычисления. $F_1 = 1/16 : 307 = 19,19$; $F_2 = 2/16 : 307 = 38,37$; $F_5 = 4/16 : 307 = 76,76$ и т. д.

$$\chi^2_{\text{факт}} = (f_1 - F_1)^2 : F_1 + \dots + (f_n - F_n)^2 : F_n = (25 - 19,19)^2 : 19,19 + (33 - 38,37)^2 : 38,37 + \dots + (10 - 19,19)^2 : 19,19 = 11,37.$$

Таблица 78 . Вычисление теоретических частот F и критерия χ^2

Показатели		Ожидаемое расщепление H_0	Фактические частоты f	Ожидаемые частоты F	Разность $(f - F)$	$(f - F)^2$	Соотношение $(f - F)^2 / F$
Форма чашечки	Нормальная	1	f_1 25	F_1 19,19	5,81	33,76	1,75
	Промежуточная	2	f_2 33	F_2 38,37	-5,37	28,84	0,75
	Листовидная	1	f_3 17	F_3 19,19	-2,19	4,80	0,25
	Нормальная	2	f_4 45	F_4 38,37	6,63	43,96	1,15
	Промежуточная	4	f_5 85	F_5 76,76	8,24	67,90	0,88
	Листовидная	2	f_6 30	F_6 38,37	-8,37	70,06	1,82
	Нормальная	1	f_7 20	F_7 19,19	0,81	0,66	0,03
	Промежуточная	2	f_8 42	F_8 38,37	3,63	13,18	0,34
	Листовидная	1	f_9 10	F_9 19,19	-9,19	84,46	0,40
Сумма		16	307	307	-	-	$\chi^2 = 11,4$

Число степеней свободы $\nu = (C-1)(k-1) = (2-1)(9-1) = 8$;
 $\chi^2_{0,95} = 15,51$; $\chi^2_{0,99} = 20,09$.

Вывод. Так как $\chi^2_{\text{факт}}$ (11,37) меньше $\chi^2_{0,95}$ и $\chi^2_{0,99}$, то фактическое расщепление не отличается достоверно от ожидаемого (теоретического).

Пример 3. При скрещивании двух сортов гороха (с желтыми и зелеными семенами) во втором поколении Г. Мендель получил 407 желтых и 143 зеленых семени. По схеме Менделя их соотношение должно быть 3:1. Соответствует ли фактическое расщепление ожидаемому? Вычисление приведено в таблице 79.

Таблица 79. Вычисление теоретических частот F по таблице

Показатель	Семена		Сумма
	желтые	зеленые	
Ожидаемое расщепление	3	1	4
Наблюдаемые частоты	$f_1=407$	$f_2=143$	550
Ожидаемые частоты	$F_1=412,5$	$F_2=137,5$	550
Разность $f - F$	-5,5	5,5	-
$(f - F)^2$	30,25	30,25	-
Отношение $(f - F)^2 : F$	0,07	0,22	$\chi^2=0,29$

$$F_1 = (3 : 4) : 550 = 412,5; \quad F_2 = (1 : 4) : 550 = 137,5;$$

$$f_1 - F_1 = 407 - 412,5 = -5,5; \quad f_2 - F_2 = 143 - 137,5 = 5,5;$$

$$\chi^2 = [(f_1 - F_1)^2 : F_1] + [(f_2 - F_2)^2 : F_2] = [(-5,5)^2 : 412,5] + [(5,5)^2 : 137,5] = 0,29.$$

$$\nu = (C-1)(k-1) = (2-1)(2-1) = 1;$$

$$\chi^2_{0,95} = 3,84; \quad \chi^2_{0,99} = 6,63.$$

Вывод. Так как χ^2 (0,29) меньше $\chi^2_{0,95}$ и $\chi^2_{0,99}$, то фактическое расщепление признаков у растений гороха не соответствует ожидаемому, следовательно, оно носит случайный характер.

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность метода дисперсионного анализа?

2. Сущность методики дисперсионного анализа данных опыта, размещенного методом рендомизированных повторений с полным набором повторностей.
3. Сущность методики дисперсионного анализа данных опыта, размещенного методом полной рендомизации.
4. Сущность методики дисперсионного анализа данных опыта, размещенного методом полной рендомизации с разным числом повторностей.
5. Сущность методики дисперсионного анализа данных опыта, размещенного методом латинского квадрата.
6. Сущность методики дисперсионного анализа данных опыта, размещенного методом латинского прямоугольника.
7. Особенности методики дисперсионного анализа данных опыта с многолетними культурами.
8. Сущность методики дисперсионного анализа данных двухфакторного опыта, размещенного методом рендомизированных повторений.
9. Сущность методики дисперсионного анализа данных двухфакторного опыта, размещенного методом расщепленных делянок.
10. Сущность методики дисперсионного анализа данных трехфакторного опыта, размещенного методом рендомизированных повторений.
11. Сущность методики дисперсионного анализа данных трехфакторного опыта, размещенного методом смешивания.
12. Сущность методики дисперсионного анализа данных двухфакторного опыта с неполными факториальными схемами.
13. Сущность методик дисперсионного анализа результатов вегетационного опыта.
14. Сущность недисперсионных методов статистической обработки данных.
15. Каковы принципы обработки результатов исследований с качественной изменчивостью?
16. Каковы принципы использования критерия χ^2 (критерий Пирсона)?

ГЛАВА 10. КОРРЕЛЯЦИЯ И РЕГРЕССИЯ

10.1. Значение корреляционного и регрессионного анализов в опытной работе с садовыми культурами

Между варьирующими явлениями, объектами, условиями среды, ростом, продуктивностью растений и другими показателями существуют определенные взаимосвязи: значение средней величины одного признака изменяется при изменении другого признака. Когда определенному значению независимой переменной X соответствует несколько значений другого признака Y , зависимость приобретает стохастический характер. Взаимосвязи между варьирующими признаками называют корреляцией.

Классификация корреляций. Корреляции подразделяют по направлению, форме и числу связей. По направлению корреляция может быть прямой или обратной. При **прямой корреляции** с увеличением значения признака X увеличивается значение признака Y . Примеры прямой корреляции: чем быстрее нарастает число плодов определенных размеров, тем выше урожай; чем больше длина листа, тем больше его площадь; чем лучше освещены растения, тем интенсивнее синтез органических веществ и т. п.

При **обратной корреляции** с увеличением значения признака X значение признака Y уменьшается. Например, при увеличении урожая деревьев уменьшается прирост однолетних ветвей; при постоянном увеличении массы плодов уменьшается их сахаристость; при увеличении размеров ягод снижается их транспортабельность и т. п.

По форме корреляция бывает линейной и криволинейной. **Линейная корреляция** имеет место, когда с увеличением признака X соответственно увеличивается второй признак Y . Например, площадь листьев возрастает с увеличением их длины; урожай увеличивается с увеличением числа полноценных завязей; ростовые процессы усиливаются при увеличении площади питания растений.

При **криволинейной корреляции** значения X и Y изменяются сначала в одном направлении, а затем в противополо-

ложных. Так, при постоянно возрастающих дозах фактора X (азотные или другие удобрения, влажность почвы, ее плотность и т. п.) урожай Y сначала возрастает, затем стабилизируется, а после дальнейшего увеличения признака X снижается. Линейная связь выражается коэффициентом корреляции r , а криволинейная – корреляционным отношением η .

По числу связей корреляция может быть **простой**, когда имеется связь между двумя признаками, и **множественной**, когда связаны между собой три и более признака. Например, урожай зависит от дозы азота, фосфора, калия, норм орошения и других факторов. По силе связи корреляция бывает сильной, средней, слабой; она может быть также достоверной и недостоверной.

Значение корреляций и регрессий. Если корреляционный анализ показал наличие сильной и достоверной связи, т. е. такой, которая установлена на уровнях вероятности $P_{0,95}$ и $P_{0,99}$, проводят регрессионные анализы, вычисляя коэффициент регрессий R_{xy} или R_{yx} . Регрессия – это характер и степень изменения одного из признаков X на единицу изменения другого Y . Например, с изменением длины листа на 1 см его площадь изменяется на $5,1 \text{ см}^2$.

После корреляционных и регрессионных анализов составляют уравнения регрессии, которые используют: 1) для вычисления неизвестного показателя по известному, например, для определения площади листьев по их длине; 2) для прогнозирования будущего урожая по числу цветковых почек или завязей; 3) для прогнозирования качества урожая по элементам погоды; 4) для прогноза распространения вредителей и болезней по внешним условиям; 5) для прогноза качества продуктов переработки и их хранения по качеству сырья и т. д.

10.2. Корреляционный и регрессионный анализы линейной зависимости

В садоводстве имеют дело в основном с криволинейными связями. Те же связи, которые приближаются к линейным, удобнее анализировать как линейные зависимости, вычисляя коэффициент корреляции r .

Корреляционный анализ. Проанализируем зависимость между продуктивностью абрикоса (т/га) и гидротермическим коэффициентом лет исследования (табл. 80).

Таблица 80. Вычисление корреляционной зависимости между продуктивностью (X) абрикоса (т/га) и гидротермическим коэффициентом (Y) лет исследования

№ п/п	Урожайность по годам, т/га (X)	Значения ГТК по годам (Y)	$(X - \bar{x})$	$(Y - \bar{y})$	$(X - \bar{x})^2$	$(Y - \bar{y})^2$	$(X - \bar{x}) \times (Y - \bar{y})$
1	18,8	0,95	-0,01	-0,06	0,0001	0,0036	0,0006
2	19,3	1,19	0,49	0,18	0,2401	0,0324	0,0882
3	19,7	1,39	0,89	0,38	0,7921	0,1444	0,3382
4	19,5	1,13	0,69	0,12	0,4761	0,0144	0,0828
5	19,4	1,21	0,59	0,20	0,3481	0,0400	0,1180
6	19,2	1,18	0,39	0,17	0,1521	0,0289	0,0663
7	18,1	0,86	-0,71	-0,15	0,5041	0,0225	0,1065
8	18,3	0,89	-0,51	-0,12	0,2601	0,0144	0,0612
9	18,0	0,68	-0,81	-0,33	0,6561	0,1089	0,2673
10	17,8	0,60	-1,01	-0,41	1,0201	0,1681	0,4141
	$\bar{x} = 18,81$	$\bar{y} = 1,01$	$\Sigma(X - \bar{x}) = 0,0$	$\Sigma(Y - \bar{y}) = -0,02$	$\Sigma(X - \bar{x})^2 = 4,449$	$\Sigma(Y - \bar{y})^2 = 0,5776$	$\Sigma(X - \bar{x}) \times (Y - \bar{y}) = 1,5432$
Число пар n = 10							

1. Вычисляем средние значения для рядов по урожайности (\bar{x}) и по ГТК (\bar{y}) и заносим в таблицу.

2. Затем вычисляем отклонения от средней величины по каждому варианту урожайности ($X - \bar{x}$) и ГТК ($Y - \bar{y}$), результаты заносим в таблицу.

3. Далее вычисляем суммы отклонений по урожайности ($\Sigma(X - \bar{x})$) и по ГТК ($\Sigma(Y - \bar{y})$) и заносим результаты в таблицу.

4. Затем вычисляем квадраты отклонений по урожайности ($(X - \bar{x})^2$) и по ГТК ($(Y - \bar{y})^2$) и переносим результаты в таблицу.

5. Далее вычисляем суммы квадратов отклонений по урожайности ($\Sigma(X - \bar{x})^2$) и по ГТК ($\Sigma(Y - \bar{y})^2$) и результаты заносим в таблицу.

6. Вычисляем по каждой паре значений X и Y произведе-

ние отклонений их от средней величины $((X - \bar{x}) \times (Y - \bar{y}))$ и результаты заносим в таблицу.

7. Вычисляем сумму произведений отклонений от среднего значения по X и Y и результат заносим в таблицу.

8. Вычисляем коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2 \sum (Y - \bar{y})^2}} = \frac{1,5432}{\sqrt{4,449 \times 0,5776}} = +0,96.$$

9. Вычисляем ошибку коэффициента корреляции:

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{1-0,92}{10-2}} = 0,1.$$

10. Вычисляем критерий достоверности коэффициента корреляции:

$$t_r = r / s_r = 0,96 / 0,1 = 9,6.$$

11. Теоретическое значение критерия t находим по таблице Стьюдента при числе степеней свободы $\nu_r = n - 2 = 10 - 2 = 8$; $t_{0,95} = 2,31$.

12. Для оценки силы корреляции между исследуемыми показателями используем следующую шкалу:

$r = 0,0 - 0,33$ – связь слабая;

$r = 0,33 - 0,66$ – связь средняя;

$r = 0,66 - 0,99$ – связь сильная.

Вывод о направлении связи делаем по знаку коэффициента корреляции: при знаке «+» корреляция прямая, при «-» корреляция обратная.

Выводы.

1. Так как рассчитанный коэффициент корреляции $r = +0,96$, то связь между изучаемыми признаками прямая и сильная.

2. Критерий достоверности $t_r = 9,6$ больше, чем значение $t_{0,95}$, следовательно, связь достоверна на уровне 95% вероятности.

Если число пар незначительное, то оценку достоверности коэффициента корреляции Р. Фишер предложил проводить по критерию $t_z = z \times \sqrt{n-3}$, где z находят по таблице 5 приложений для определенного значения r. При $r = 0,96$, $n = 10$, $z = 1,946$ $t_z = 1,946 \times \sqrt{10-3} = 5,15$. Число степеней свободы $\nu_z = n - 2 = 10 - 2 = 8$.

$v_z = 8$, $t_{0,95} = 2,31$, $t_{0,99} = 3,36$. Так как t_z больше, чем $t_{0,95}$ и $t_{0,99}$, связь достоверна.

Используя методику, предложенную Р. Фишером, можно провести подсчет минимального числа пар для проведения корреляционного анализа с необходимым уровнем точности. Вычисляют число пар по формуле $n_{\text{опт}} = (t^2/z^2) + 3$, где t – критерий Стьюдента, z – показатель, предложенный Р. Фишером. Для приведенного выше примера фактическое значение $n = 10$, $v_z = 8$. Для такого числа степеней свободы $t_{0,95} = 2,31$, а $z = 1,946$. Тогда:

для $P_{0,95}$ $n_{\text{опт}} = (t_{0,95}^2/z^2) + 3 = (2,31^2/1,946^2) + 3 = 5$ пар;

для $P_{0,99}$ $n_{\text{опт}} = (t_{0,99}^2/z^2) + 3 = (3,36^2/1,946^2) + 3 = 6$ пар.

Для проведения корреляционного анализа на уровне $P_{0,95}$ необходимо иметь выборку не из 10, а из 5 пар. На уровне $P_{0,99}$ число пар должно быть 6.

Регрессионный анализ. При сильной и достоверной связи вычисляют коэффициент регрессии R_{xy} или R_{yx} . В нашем случае это целесообразно сделать по значению гидротермического коэффициента, т. е. по его значению (Y) определить уровень продуктивности абрикоса (X). Уравнение линейной регрессии будет иметь следующий вид: $X = \bar{x} + R_{xy}(Y - \bar{y})$, где \bar{x} и \bar{y} – средние арифметические анализируемых вариационных рядов; X – продуктивность абрикоса; Y – значение гидротермического коэффициента в конкретном году.

Вычисляют коэффициент регрессии по следующей формуле:

$$R_{yx} = \frac{\sum (Y - \bar{y})(X - \bar{x})}{\sum (Y - \bar{y})^2} = \frac{1,5432}{0,5776} = +2,67.$$

Тогда уравнение регрессии будет: $X = 18,81 + 2,67(Y - 1,01)$.

10.3. Анализ криволинейной зависимости

В некоторых случаях, например при изучении влияния норм высева семян на величину урожая, наблюдается такая закономерность: с увеличением нормы высева урожай растет, при какой-то определенной норме он стабилизируется, а при даль-

нейшем увеличении нормы начинает снижаться из-за загущенности посевов. Подобная связь называется криволинейной. Если ее анализировать с помощью коэффициента корреляции r , он может указать на отсутствие связи или наличие весьма слабой зависимости. Поэтому для криволинейной зависимости вычисляют корреляционные отношения η_{xy} или η_{yx} .

Вычисление корреляционного отношения. В опыте с овощным горохом изучали нормы высева и урожай зеленых бобов (табл. 81). В таблице приведены вспомогательные величины для расчета корреляционного отношения по следующей формуле:

$$\eta_{yx} = \sqrt{\frac{\sum \left(Y - \bar{y} \right)^2 - \sum \left(Y - \bar{y}_x \right)^2}{\sum \left(Y - \bar{y} \right)^2}}.$$

Нормы высева, как значения независимой переменной X , располагают в возрастающем порядке. Вариационный ряд разбивают на 4-7 групп так, чтобы в каждой из них было не менее двух наблюдений. Число наблюдений в группах может быть разное. Десять норм высева целесообразно разбить на пять групп, как показано в таблице 81.

Таблица 81. Урожайность зеленых бобов гороха Y , т/га, в зависимости от норм высева X , т/га

Номер пары	X	Y	\bar{y}_x	$\left(Y - \bar{y}_x \right)$	$\left(Y - \bar{y}_x \right)^2$	$\left(Y - \bar{y} \right)$	$\left(Y - \bar{y} \right)^2$
1	0,08	4,4		-0,6	0,36	-2,7	7,29
2	0,10	5,6	5,0	0,6	0,36	-1,5	2,25
3	0,12	6,2		-0,6	0,36	-0,9	0,81
4	0,14	7,4	6,8	0,6	0,36	0,3	0,09
5	0,16	8,8		-0,3	0,09	1,7	2,89
6	0,18	9,4	9,1	0,3	0,09	2,3	5,29
7	0,20	9,1		0,6	0,36	2,0	4,00
8	0,22	7,9	8,5	-0,6	0,36	0,8	0,64
9	0,24	6,9		0,8	0,64	-0,2	0,04
10	0,26	0,26	6,1	-0,8	0,64	-1,8	3,24
$n = 10$			$\bar{y}_x = 7,1$	$\left(Y - \bar{y}_x \right) = 0$	$\left(Y - \bar{y}_x \right)^2 = 3,62$	$\left(Y - \bar{y} \right) = 0$	$\left(Y - \bar{y} \right)^2 = 26,54$

$$1. \quad \eta_{yx} = \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{y})^2 - \sum(Y - y_x)^2}{\sum(Y - \bar{y})^2}} = \sqrt{\frac{26,54 - 3,62}{26,54}} = 0,929.$$

2. Ошибка корреляционного отношения будет равна

$$s_{\eta} = \sqrt{\frac{1 - \eta_{yx}^2}{n - 2}} = \sqrt{\frac{1 - 0,929^2}{10 - 2}} = 0,131.$$

3. Критерий достоверности корреляционного отношения фактический при этом будет

$$t_{\eta} = \frac{\eta_{yx}}{s_{\eta}} = \frac{0,929}{0,131} = 7,09.$$

Значение t теоретического берут из таблицы 1 приложений для степени свободы $v_{\eta} = n - 2 = 10 - 2 = 8$; $t_{0,95} = 2,31$; $t_{0,99} = 3,36$.

Выводы.

1. Значение η_{yx} (0,929) свидетельствует о сильной связи между нормами высева семян гороха и урожаем зеленых бобов.

2. Критерий $t_{\eta}(7,09)$ больше $t_{0,95}$ и $t_{0,99}$, следовательно, связь достоверна на обоих уровнях вероятности.

Следует отметить, что корреляционное отношение всегда выражено положительным числом, поэтому выводы о направлении связи не делают.

Коэффициент корреляции r для данного примера составляет лишь 0,23, что значительно меньше η_{yx} , следовательно, для криволинейных зависимостей необходимо вычислять только корреляционное отношение.

Составление уравнения регрессии для вычисления урожая по нормам высева. Чтобы составить уравнение, сначала подбирают по форме кривой тип формулы. Кривая зависимости урожайности от норм высева семян чаще всего имеет форму параболы. Уравнение такой кривой, как правило, выражается уравнением квадратической параболы $Y = a + b_1X + b_2X^2$, и его можно представить в следующем виде:

$$Y = \bar{y} + \frac{\sum (X - \bar{x}) \times Y}{\sum (X - \bar{x})^2} \times (X - \bar{x}) + \left[\frac{\sum (X - \bar{x})^2 \times Y - n \times C \times Y}{\sum (X - \bar{x})^4 - n \times C^2} \right] \left[(X - \bar{x})^2 - C \right],$$

$$\text{где } C = \frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n}.$$

Чтобы получить данные для приведенной формулы, составляют таблицу (табл. 82).

Таблица 82. Исходные данные для составления квадратической параболы: X – нормы высева семян моркови, кг/га; Y – урожайность моркови, т/га

X	Y	$(X - \bar{x})$	$(X - \bar{x})^2$	$(X - \bar{x})^4$	$(X - \bar{x}) \times Y$	$(X - \bar{x})^2 \times Y$	Теор. знач. Y
4	37	-2	4	16	-74	148	36,5
5	40	-1	1	1	-40	40	40,8
6	43	0	0	0	0	0	43,1
7	48	1	1	1	48	48	44,8
8	44	2	4	4	88	176	45,3
$\bar{x} = 6$	$\bar{y} = 42$	$\sum (X - \bar{x}) = 0$	$\sum (X - \bar{x})^2 = 10$	$\sum (X - \bar{x})^4 = 34$	$\sum (X - \bar{x}) \times Y = 22$	$\sum (X - \bar{x})^2 \times Y = 412$	n=5

$$C = \sum (X - \bar{x})^2 \div n = 10 \div 5 = 2; \quad C^2 = 2^2 = 4.$$

Далее подставляем суммы и значение C в формулу для вычисления.

$$Y_x = 42 + \frac{22}{10} \times (X - 6) + \frac{412 - 5 \times 2 \times 42}{34 - 5 \times 4} [(X - 6)^2 - 2] = 42 + 2,2(X - 6) - 0,57 \times (X^2 - 12X + 36 - 2) = 42 + 2,2X - 13,2 - 0,57X^2 + 6,84X - 20,52 + 1,14.$$

$$Y_x = 9,42 + 9,04X - 0,57X^2.$$

Возможные расчеты при прогнозировании урожайности моркови по уравнению квадратической параболы будут следующие. Например, норма высева семян моркови X=5,0 кг/га.

В этом случае возможная урожайность моркови будет $Y_1 = 9,42 + 9,04 \times 5,0 - 0,57 \times 5,0^2 = 9,42 + 45,20 - 14,25 = 40,37$ т/га.

10.4. Выравнивание ряда способом простой скользящей средней

Выравнивание проводят, если для эмпирической кривой трудно подобрать простое уравнение. Если эмпирический ряд имеет большую кривизну и слабую вариабельность, значения выравнивают по трем соседним значениям. Пусть изучают площади листьев (Y) у винограда сорта Алиготе вдоль побега от первого листа до 45-го (табл. 83).

Таблица 83. Площади листьев винограда, см², выравненные методом скользящей средней

Номер листа x	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Y	93	175	205	220	130	124	129	75	52	15
\bar{y}	120	158	200	185	158	128	109	85	47	27

Для выравнивания крайних значений к удвоенной их величине $2Y$ прибавляют последующее или предшествующее значение Y и сумму делят на 3:

$$y_{x1} = (2 \times 93 + 175) \div 3 = 120;$$

$$y_{x45} = (2 \times 15 + 52) \div 3 = 27.$$

Все остальные значения вычисляют как среднее из трех соседних:

$$y_{x5} = (93 + 175 + 205) \div 3 = 158;$$

$$y_{x10} = (175 + 205 + 220) \div 3 = 200;$$

$$y_{x15} = (205 + 220 + 130) \div 3 = 185;$$

$$y_{x20} = (220 + 130 + 124) \div 3 = 158;$$

$$y_{x25} = (130 + 124 + 129) \div 3 = 128;$$

$$y_{x30} = (124 + 129 + 75) \div 3 = 109;$$

$$y_{x35} = (129 + 75 + 52) \div 3 = 85;$$

$$y_{x40} = (75 + 52 + 15) \div 3 = 47.$$

10.5. Множественная корреляция

При множественной корреляции на величину результирующего признака влияют одновременно несколько факторов. Например, на урожайность лука репчатого (Y) влияют средняя масса луковицы (X) и гнездность луковицы (Z). Силу связи между этими показателями определяют путем расчета коэффициента множественной корреляции по следующей формуле:

$$R = \sqrt{\frac{r_{yx}^2 + r_{yz}^2 - 2 \times r_{yx} \times r_{yz} \times r_{xz}}{1 - r_{xz}^2}},$$

где r_{YX} , r_{YZ} , r_{XZ} – парные коэффициенты корреляции между признаками соответственно Y и X, Y и Z, X и Z.

Значение R изменяется от 0 до +1, то есть всегда положительно, а силу связи определяют также, как и в случае расчета парных корреляций.

На примере 50 растений лука репчатого (n=50) установлены следующие парные коэффициенты корреляции:

- 1) между урожайностью и средней массой луковицы $r_{YX} = 0,6$;
- 2) между урожайностью и гнездностью луковицы $r_{YZ} = 0,3$;
- 3) между средней массой луковицы и гнездностью луковицы $r_{XZ} = -0,4$.

Коэффициент множественной корреляции между Y, X и Z при этом составит

$$R_{y \cdot xz} = \sqrt{\frac{0,6^2 + 0,3^2 - 2 \times 0,6 \times 0,3(-0,4)}{1 - 0,4^2}} = 0,74.$$

$$F_R = \frac{R}{1 - R^2} \times \left(\frac{n - k}{k - 1} \right) = \frac{0,74}{1 - 0,74^2} \times \left(\frac{50 - 3}{3 - 1} \right) = 31,8;$$

где k – число признаков, равное 3.

Теоретическое значение F находят для числа степеней свободы $v_Y = 2$ и $v_Z = 50 - 3 = 47$. При этом $F_{0,95}$ равно 3,20, а $F_{0,99}$ равно 5,10. В этом случае $F_R > F_{0,95}$ и $F_R > F_{0,99}$.

Отсюда вывод, что между средней массой луковицы, гнездностью луковицы и урожайностью лука репчатого существует сравнительно сильная и достоверная связь на самых высоких уровнях вероятности.

Математическое уравнение для прямолинейной зависимости между тремя переменными называется множественным линейным уравнением регрессии. Оно имеет следующий общий вид:

$$Y = a + b_1X + b_2Z,$$

где Y – зависимая переменная, X и Z – независимые переменные, a – общее начало отсчета, b_1 и b_2 – коэффициенты частной регрессии. Коэффициент b_1 показывает, на какую величину увеличивается Y при каждом увеличении на одну единицу X при постоянном значении Z ; коэффициент b_2 указывает, на какую величину увеличивается Y при увеличении Z на единицу при постоянном значении X .

Параметры a , b_1 и b_2 вычисляют методом наименьших квадратов, который позволяет найти такое положение плоскости регрессии в пространстве, когда сумма квадратов отклонений эмпирических точек от нее является минимальной.

Для определения параметров уравнения используют следующие соотношения:

$$b_1 = \frac{\sum (Z - \bar{z})^2 \times \sum (X - \bar{x}) \times (Y - \bar{y}) - \sum (X - \bar{x}) \times (Z - \bar{z}) \times \sum (Y - \bar{y}) \times (Z - \bar{z})}{\sum (X - \bar{x})^2 \times \sum (Z - \bar{z})^2 - [\sum (X - \bar{x}) \times (Z - \bar{z})]^2};$$

$$b_2 = \frac{\sum (X - \bar{x})^2 \times \sum (Y - \bar{y}) \times (Z - \bar{z}) - \sum (X - \bar{x}) \times (Z - \bar{z}) \times \sum (X - \bar{x}) \times (Y - \bar{y})}{\sum (X - \bar{x})^2 \times \sum (Z - \bar{z})^2 - [\sum (X - \bar{x}) \times (Z - \bar{z})]^2}.$$

10.6. Корреляция качественных признаков. Коэффициент наследуемости

Корреляция качественных признаков. В опытах, где учитывают качественную изменчивость, например, пораженные и непораженные, поврежденные и неповрежденные плоды, состояние растений в зависимости от агротехники, также

возникает необходимость определить корреляционные зависимости.

В этих случаях коэффициент корреляции r вычисляют по следующей формуле Юла:

$$r_p = (n_1 \times n_4 - n_2 \times n_3) \div \sqrt{N_1 \times N_2 \times N_3 \times N_4},$$

где n_1 и n_3 – число объектов без изучаемого признака; n_2 и n_4 – число объектов с изучаемым признаком в двух вариантах опыта; N_1, N_2, N_3, N_4 – общие объемы выборок в опыте.

Пример. В опыте, где изучают влияние фунгицида на пораженность листьев яблони паршой, установлено: 1) при опрыскивании фунгицидом из 100 листьев (N_1) непораженными оказались 93 (n_1), а пораженными – 7 (n_2); 2) без опрыскивания из 200 листьев (N_2) непораженными оказались 41 (n_3), а пораженными – 159 (n_4). Таким образом, из 300 обследованных листьев (N) непораженных было 134 (N_3), а пораженных – 166 (N_4). Необходимо определить, достоверна ли связь между применением фунгицида и уменьшением пораженности листьев паршой.

Сначала вычисляют коэффициент корреляции:

$$r_p = \frac{93 \times 159 - 7 \times 41}{\sqrt{100 \times 200 \times 134 \times 166}} = 0,69.$$

Затем определяют ошибку корреляции:

$$s_r = \sqrt{\frac{1 - r_p^2}{N - 2}} = \sqrt{\frac{1 - 0,69^2}{300 - 2}} = 0,043.$$

Далее рассчитывают критерий достоверности:

$$t_r = \frac{r_p}{s_r} = \frac{0,69}{0,043} = 16,05.$$

Определяем теоретическое значение t , число степеней свободы будет равно $\nu_p = N - 2 = 300 - 2 = 298$. Значения $t_{0,95} = 1,96$; $t_{0,99} = 2,58$.

Выводы.

1. Значение r_p (0,69) свидетельствует о средней силе связи между использованием фунгицида и уменьшением пораженности листьев яблони паршой.

2. t_r (16,05) говорит о высокой достоверности этой связи.

Коэффициент корреляции между качественными и количественными признаками вычисляют по формуле

$$r = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}}{s} \times \sqrt{\frac{n_1}{(n - n_1)}},$$

где \bar{x}_1 - средняя арифметическая количественная признака с наличием качественного;

\bar{x} - средняя арифметическая для количественного признака;

s – стандартное отклонение количественного признака;

n_1 – число случаев с наличием качественного признака;

n – общее число всех наблюдений.

Пример. В опыте изучали урожайность 100 растений томата в зависимости от степени поражения их фитофторой (табл. 84).

Таблица 84. Урожайность томатов X, кг с растения, в зависимости от пораженности растений фитофторой

X	Число кустов			f_1X	f_2X	fX	X^2	fX^2
	непораженных f_1	пораженных f_2	всего f					
1,2	3	0	3	3,6	0	3,6	1,44	4,32
1,1	7	3	10	7,7	3,3	11,0	1,21	12,10
1,0	12	5	17	12,0	5,0	17,0	1,00	17,00
0,9	21	10	31	18,9	9,0	27,9	0,81	25,11
0,8	9	6	15	7,2	4,8	12,0	0,64	9,60
0,7	7	5	12	4,9	3,5	8,4	0,49	5,88
0,6	3	5	8	1,8	3,0	4,8	0,36	2,88
0,5	0	4	4	0	2,0	2,0	0,25	1,00
Сумы	$n_1=62$	$n_2=38$	$n=100$	$\Sigma f_1X=56,1$	$\Sigma f_2X=30,6$	$\Sigma fX=86,7$	-	$\Sigma fX^2=77,89$

Далее проводим вычисления.

1. Средние значения:

$$\bar{x} = \frac{\sum f \times X}{n} = \frac{86,7}{100} = 0,87;$$

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum f_1 \times X}{n_1} = \frac{56,1}{100} = 0,56;$$

$$\bar{x}_2 = \frac{\sum f_2 \times X}{n_2} = \frac{30,6}{100} = 0,31.$$

2. Стандартное отклонение

$$s = \sqrt{\frac{\sum f \times X^2 - (\sum f \times X)^2 \div n}{n-1}} = \sqrt{\frac{77,89 - 86,7 \div 100}{100-1}} = 0,78.$$

3. Коэффициент корреляции

$$r = \frac{0,91 - 0,87}{0,164} \times \sqrt{\frac{62}{100-62}} = 0,303.$$

4. Ошибка коэффициента корреляции

$$s_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{1-0,303^2}{100-2}} = 0,096.$$

5. Критерий достоверности

$$t_{\text{факт}}(t_r) = r : s_r = 0,303 : 0,096 = 3,16.$$

$$t_{0,95} = 1,98 \text{ и } t_{0,99} = 2,63 \text{ находят для } v_r = 100 - 2 = 98.$$

Вывод из расчетов следующий: между поражением растений томата фитофторой и продуктивностью существует прямая связь, которая достоверна на уровне вероятности.

Коэффициент наследуемости. В селекционной работе часто приходится определять долю генетической изменчивости в общей вариабельности признака, например долю сахаристости, наследуемую гибридом от материнской формы, или долю наследования содержания витаминов, кислот и т. п. В этих случаях вычисляют коэффициент наследуемости h^2 по формуле $h^2 = 2 \times R_{yx}$, где R_{yx} – коэффициент регрессии ряда Y по ряду X .

Для определения коэффициента регрессии составляют ряд материнской формы X и ряд гибрида Y . Вычисляют значение R_{yx} по формуле

$$R_{yx} = \frac{\sum (X - \bar{x}) \times (Y - \bar{y})}{\sum (X - \bar{x})^2}.$$

Удвоение значения коэффициента регрессии показывает долю наследования изучаемого признака. Так, если на 1% содержания сахара в плодах материнской формы (X) содержание его в плодах гибрида (Y) изменяется на 0,29%, то есть $R_{yx} =$

0,29, то коэффициент наследования процента сахара гибридом составит $2 \times 0,29 = 0,58$ доли, или 58%.

Достоверность регрессии определяют, сопоставляя t_{Ryx} и $t_{теор.}$. Если регрессия достоверна, то достоверен и коэффициент наследования.

10.7. Использование ковариационного анализа в садоводстве

Нередки случаи, когда деревья или кусты ягодников, винограда на делянках значительно различаются по силе роста и урожаю в самом начале опыта. Как правило, такие растения еще больше различаются в конце опыта, поэтому оценка эффективности изучаемых вариантов без поправок на первоначальное состояние растений не будет объективной. В таких случаях необходимо установить соотношение между варьированием первоначального показателя, например урожая X и последующим урожаем Y с помощью ковариационного анализа.

Ковариационный анализ используют также, если отдельные растения в опыте выпадают из-за повреждения вредителями, морозами, поражения болезнями. Однако его не следует применять, если сильное поражение болезнями или морозами при сортоиспытании является особенностью сорта или если в агротехническом опыте растения выпадают под влиянием высоких доз удобрений или гербицидов.

Сочетание дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов с целью приведения фактических средних по ряду Y к полной выравненности условий опыта по ряду X называют ковариационным анализом. В математической статистике ковариация (cov) - это средняя из произведений отклонений двух переменных X и Y от их средних арифметических:

$$\text{cov} = \Sigma(X - \bar{X}) \times (Y - \bar{Y}) : (n-1).$$

Пример ковариационного анализа (взято из Моисейченко и др., 1994). Урожайность яблонь в начале опыта (X) и в конце опыта (Y) приведена в таблице 85. Необходимо сделать поправку урожайности в конце опыта с учетом урожай-

ности в начале опыта.

3. Дисперсионный анализ для ряда X:

1) Корректирующий фактор $C = (\Sigma X)^2 : N = 15,5^2 : 12 = 19,25$;

2) $C_y = \Sigma X^2 - C = (1,0^2 + 1,2^2 + 0,9^2 + 1,3^2 + 1,2^2 + 1,0^2 + 1,4^2 + 1,6^2 + 1,6^2 + 1,0^2 + 1,6^2 + 1,4^2) - 19,25 = 0,73$;

3) $C_p = \Sigma P_x^2 : l - C = (3,8^2 + 3,2^2 + 3,9^2 + 4,3^2) : 3 - 19,25 = 0,21$;

4) $C_v = \Sigma V_x^2 : n - C = (4,4^2 + 5,2^2 + 5,6^2) : 4 - 19,25 = 0,19$;

5) $C_z = C_y - C_p - C_v = 0,73 - 0,21 - 0,19 = 0,33$.

4. Дисперсионный анализ для ряда Y:

1) $C = (\Sigma Y)^2 : N = 18,4^2 : 12 = 28,21$;

2) $C_y = \Sigma X^2 - C = (1,4^2 + 1,4^2 + 1,5^2 + 1,7^2 + 1,3^2 + 1,1^2 + 1,5^2 + 1,7^2 + 1,9^2 + 1,5^2 + 1,6^2 + 1,8^2) - 28,21 = 0,55$;

3) $C_p = \Sigma P_x^2 : l - C = (4,6^2 + 4,0^2 + 4,6^2 + 5,2^2) : 3 - 28,21 = 0,24$;

4) $C_v = \Sigma V_x^2 : n - C = (6,0^2 + 5,6^2 + 6,8^2) : 4 - 28,21 = 0,19$;

5) $C_z = C_y - C_p - C_v = 0,55 - 0,24 - 0,19 = 0,12$.

Таблица 85. Урожайность яблонь в начале и в конце опыта, т/га

Вариант		Урожайность по повторениям				Суммы V_x, V_y	Средние
		I	II	III	IV		
1	X	1,0	1,2	0,9	1,3	1,4	1,1
	V	1,4	1,4	1,5	1,7	6,0	1,5
2	X	1,2	1,0	1,4	1,6	5,2	1,3
	V	1,3	1,1	1,5	1,7	5,6	1,4
3	X	1,6	1,0	1,6	1,4	5,6	1,4
	V	1,9	1,5	1,6	1,8	6,8	1,7
Суммы		3,8	3,2	3,9	4,3	$\Sigma X=152$	$\bar{x} = 152 \div 12 = 12,7$
P_x		4,6	4,0	4,6	5,2	$\Sigma Y=184$	$y=184 \div 12=15,3$
P_y							

$n = 4$; $l = 3$; $N = 1$; $n = 12$.

Дисперсионный анализ произведения XY:

$$1) C = (\Sigma X \Sigma Y) / N = (15,2 \times 18,4) / 12 = 23,31;$$

$$2) C_y = \Sigma XY - C = (1,0 \times 1,4 + 1,2 \times 1,4 + 0,9 \times 1,5 + 1,3 \times 1,7 + 1,2 \times 1,3 + 1,0 \times 1,1 + 1,4 \times 1,5 + 1,6 \times 1,7 + 1,6 \times 1,9 + 1,0 \times 1,5 + 1,6 \times 1,6 + 1,4 \times 1,8) - 23,31 = 0,43;$$

$$3) C_p = \Sigma P_x P_y / l - C = (3,8 \times 4,6 + 3,2 \times 4,0 + 3,9 \times 4,6 + 4,3 \times 5,2) / 3 - 23,31 = 0,226;$$

$$4) C_v = \Sigma V_x V_y / n - C = (4,4 \times 6,0 + 5,2 \times 5,6 + 5,6 \times 6,8) / 4 - 23,31 = 0,09;$$

$$5) C_z = C_y - C_p - C_v = 0,43 - 0,226 - 0,09 = 0,114.$$

Сумма квадратов регрессии

$$C_R = \Sigma YX / \Sigma X^2 = C_z^2 \text{ (для } XY) / C_z \text{ (для } X^2) = 0,114^2 / 0,33 = 0,039.$$

Коэффициент регрессии

$$R_{yx} = C_z \text{ (для } XY) / C_z^2 \text{ (для } X^2) = 0,35.$$

Далее составляют таблицу результатов ковариационного анализа (табл. 86).

Таблица 86. Результаты ковариационного анализа

Показатели	Рассеивание					
	общее	повторений	вариантов	остаток I	регрессия	остаток II
ΣX^2	0,73	0,21	0,19	0,33	-	-
ΣXV	0,43	0,226	0,09	0,114	-	-
ΣV^2	0,55	0,24	0,19	0,12	$\frac{(0,114)^2}{0,33} = 0,039$	0,12- 0,039=0,081
v	N-1 =12-1 =11	n-1= 4-1=3	l-1= 3-1=2	11-5=6	X=1; V=1 X+V=2; 2-1=1	6-1=5
s^2			0,19 : 2 = 0,095	12 : 6 = 2	0,039 : 0,016 = 2,4	
F _{факт}	$\frac{0,095}{0,016} = 5,9$					
F _{0,95}	5,79					
Коэф. регрессии	$\frac{C_{z_{xy}}}{C_{z_{x^2}}} = \frac{0,114}{0,33} = 0,35$					

Рассчитывают среднюю арифметическую ряда X.
 $\bar{x} = \frac{\Sigma X}{l} = \frac{(1,1 + 1,3 + 1,4)}{3} = 1,27.$ Отклонения $\bar{x} - X$, произведения

$R_{yx} \times (\bar{x} - X)$ и скорректированная урожайность $Y_1 = Y + R_{yx} \times (\bar{x} - X)$ приведены в таблице 87.

Таблица 87. Корректировка урожайности

Номер варианта	X, урожайность до опыта	$\bar{x} - X$	$R_{yx} \times (\bar{x} - X) = 0,35 \times (\bar{x} - X)$	Урожайность, т/га	
				фактическая	корректирующая
1	1,1	0,17	0,06	1,5	$1,5 + 0,06 = 1,56$
2	1,3	-0,03	-0,01	1,4	$1,4 - 0,01 = 1,39$
3	1,4	-0,13	-0,05	1,7	$1,7 - 0,05 = 1,65$
	$\bar{x} = 1,27$	$\sum (\bar{x} - X) = 0$	$\Sigma = 0$	$\bar{y} = 1,53$	$\bar{y}_1 = 1,53$

Расчет произведений:

- $R_{yx} \times (\bar{x} - X_1) = 0,35(1,27 - 1,1) = 0,06;$
- $R_{yx} \times (\bar{x} - X_2) = 0,35(1,27 - 1,3) = -0,01;$
- $R_{yx} \times (\bar{x} - X_3) = 0,35(1,27 - 1,4) = -0,05.$

Величина R_{yx} означает, что при изменении урожайности предварительного учета X на 1 т/га урожайность в опыте Y изменится на 0,35 т/га.

Выводы.

- F для вариантов (5,9) превышает $F_{0,95}$ (5,79), следовательно, действие вариантов достоверно.
- F для регрессии (2,5) меньше $F_{0,95}$, поэтому поправки урожая можно не делать.

Контрольные вопросы:

- Опишите классификацию корреляций.
- В чем сущность корреляционного анализа?
- В чем сущность регрессионного анализа?

4. Каковы принципы анализа криволинейной зависимости?
5. В чем сущность выравнивания ряда способом простой скользящей средней?
6. В чем сущность расчета множественной корреляции?
7. Каким образом рассчитывают корреляцию качественных признаков?
8. Как используется ковариационный анализ в садоводстве?

ГЛАВА 11. ПРОБИТ-АНАЛИЗ

В опытах по защите растений часто требуется определить летальные дозы пестицидов, т. е. выявить концентрации, от которых погибает 50% особей вредителей или сорняков ($ЛД_{50}$ или LD_{50}). В связи с катастрофами на АЭС и других объектах возникла необходимость установить $ЛД_{50}$ радиоактивного облучения для людей, животных и растений.

Выявление летальных доз во всех этих случаях затрудняется тем, что при графическом изображении результатов исследований получают S-образную кривую, которая требует сложной статистической обработки (рис. 20). Чтобы облегчить определение $ЛД_{50}$, кривую трансформируют в прямую линию с помощью вероятностной единицы, которая называется пробитом (probability unit) и соответствует определенному проценту гибели особей (табл. 88). Например, если гибель гусениц капустной совки составляет 43%, то пробит равен 4,82.

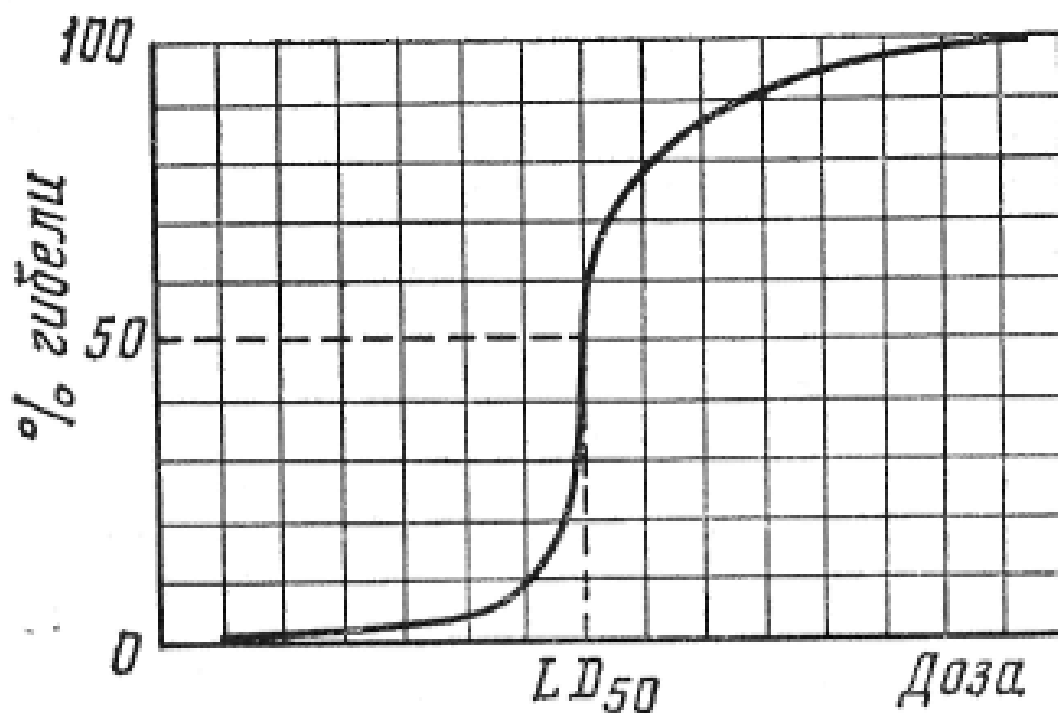


Рис. 20. Типичная кривая, выражающая зависимость процента гибели от дозы (эффект-доза)

Таблица 88. Пробиты, соответствующие проценту гибели особей

Гибель, %	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,02	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33

Дозы (концентрации) изучаемых препаратов переводят в логарифмы по таблице 89.

Таблица 89. Дробные части логарифмов (мантиссы)

№ п/п	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	000	041	079	114	146	176	204	230	255	279
2	301	342	342	362	380	398	415	431	447	462
3	477	491	505	519	531	544	556	568	580	591
4	602	613	623	633	643	653	663	672	681	690
5	699	708	716	724	732	740	748	756	763	771
6	778	785	792	799	806	813	820	826	844	849
7	845	851	857	863	869	875	881	886	892	898
8	903	908	914	919	924	929	934	940	944	949
9	954	959	964	968	973	978	982	987	991	995

Целые части логарифмов равны числу цифр в заданном числе за вычетом единицы. Так, целая часть логарифма для числа 1000 составит $4-1=3$, для числа 100 – 2, для числа 10 – 1, для числа 1 – 0. Таким образом, полное значение логарифма для числа 5 будет 0,699, для числа 11 – 1,041, для числа 23 – 1,342 и т. д.

Пример. (Из Моисейченко и др., 1994). Препарат амбуш испытывали в качестве контактного инсектицида на гусеницах капустной совки, которых помещали в чашки по 20-25 штук. Изучали несколько концентраций препарата, причем для каждой из концентраций использовали по десять параллельных чашек. Определяли гибель гусениц в каждой чашке, а затем по данным гибели в десяти чашках вычисляли среднюю частоту гибели для каждой дозы.

В таблице 90 приведены данные о средней гибели гусениц в зависимости от концентрации амбуша и сделаны преобразования этих величин, необходимые для трансформации S-образной кривой в прямую линию, превращением процентов в пробиты (по табл. 88), а доз – в их логарифмы (по таблице 89).

Теперь есть все необходимые данные для построения графика, выражающего зависимость «эффект – доза». По оси абсцисс откладывают логарифмы доз препарата, а по оси ординат – значения пробит. Через найденные точки проводят

прямую линию, которая путем интерполяции позволяет определить ЛД₅₀ или, если это необходимо, любую другую дозу гибели, например ЛД₉₅.

Таблица 90. Гибель гусениц капустной совки при действии различных доз амбуша (D , мг/л)

D	Средняя гибель, %	$\log D$ (ось X)	Пробит (ось Y)
6	23	0,778	4,26
12	43	1,079	4,82
25	50	1,398	5,00
50	69	1,699	5,50
100	80	2,000	5,84
200	98	2,301	7,05

Для получения наилучшей точности при определении ЛД₅₀ опыт необходимо ставить так, чтобы экспериментальные точки на графике находились по разные стороны от значений ЛД₅₀. При выборе наилучшего положения прямой линии ее нужно располагать как можно ближе ко всем точкам, но в первую очередь к тем, которые соответствуют летальности от 15 до 85%. В данном примере провести такую прямую нетрудно. Удобнее всего это делать при помощи прозрачной линейки.

По значениям \lg ЛД₅₀ и пробитам строят график (рис. 21).

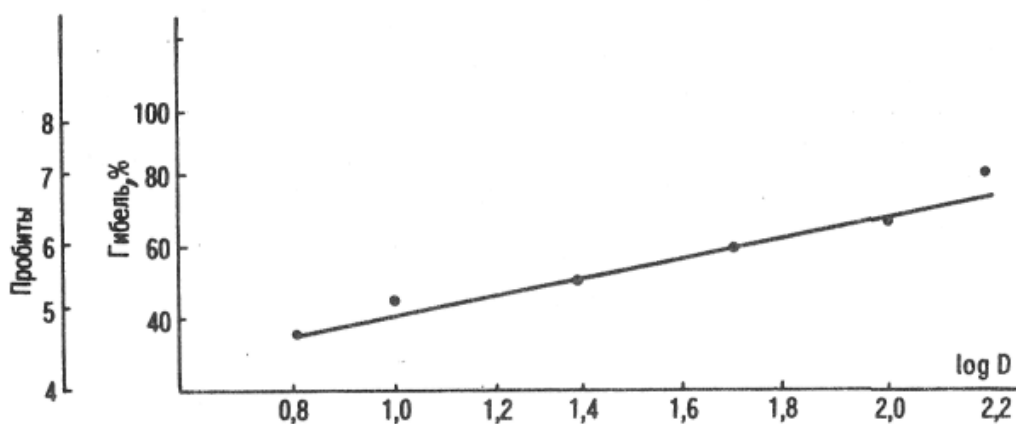


Рис. 21. Определение летальной дозы амбуша (ЛД₅₀) для гусениц капустной совки с помощью пробитов и логарифмов дозы

После нахождения зависимости «эффект – доза» легко определить LD_{50} , а также приблизительно оценить любые другие значения дозы, соответствующие определенному проценту летальности. Необходимые для этого графические построения указаны на том же рисунке. Они настолько просты, что не нуждаются в подробных комментариях. Так, для 50%-ной гибели (пробит равен 5) $lg LD_{50} = 1,7$. По антилогарифмам находят дозу LD_{50} , которая составляет 50 мг/л раствора амбуша.

Описанный метод относится к категории простейших модификаций системы пробитов. Он позволяет лишь приблизительно оценить LD_{95} и LD_{99} , по нему нельзя рассчитать достоверные интервалы этих значений. Поэтому возможны некоторые погрешности в установлении правильного угла наклона прямой, выражающей зависимость «эффект – доза», и, следовательно, в оценке LD_{95} и LD_{99} , (на точности определения LD_{50} это сказывается незначительно). Чтобы избежать этих недочетов и провести линию, наилучшим образом отвечающую экспериментально установленным точкам, необходимо применять более сложные модификации системы пробитов, которые изложены в специальных руководствах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – Москва: Наука, 1978. – 175 с.
2. Бейли Н. Статистические методы в биологии / Н. Бейли /под ред. В.В. Налимова . – Москва: Издательство иностранной литературы, 1962 . – 259с.
3. Биологическая статистика : учебное пособие для университетов / П.Ф. Рокицкий . – Изд. 3-е, испр. – Минск : Вышэйшая школа, 1973 . – 319 с.
4. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин. – Москва: Колос, 1973. – 195 с.
5. Вендило Г.Г. Методические указания по проведению полевых опытов с удобрениями овощных культур в открытом грунте / Г.Г. Вендило, А.А. Скаржинский, Т.И. Вятлева, Н.М. Глунцов. – Москва: Колос, 1975. – 123 с.
6. Вознесенский В.Л. Методы исследования фотосинтеза и дыхания растений / В.Л. Вознесенский, О.В. Зеленский, О.А. Семихатова. – Москва - Ленинград: Наука, 1965. – 94 с.
7. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении / Е.А. Дмитриев. – Москва: МГУ, 1972. – 291 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов . – Изд. 6-е, стер., перепечатка с 5 изд. 1985 г. – Москва: Альянс, 2011 . – 352 с.
9. Ермохин Ю.И. Анализ листьев и применение удобрений в овощеводстве / Ю.И.Ермохин. – Омск: СХИ, 1977. – 247 с.
10. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода / З.И.Журбицкий. - Москва: Наука, 1968. – 162 с.
11. Зайцев Г.Н. Методика биометических расчетов / Г.Н. Зайцев. – Москва: Наука, 1973. – 256 с.
12. Кильчевский А.В. Экологическая селекция растений / А.В. Кильчевский, И.В. Хотылева. – Минск: Тэхналогія, 1997. – 366 с.
13. Коняев Н.Ф. Математический метод определения

площади листьев растений / Н.Ф. Коняев. // Доклады ВАСХНИЛ. – 1970. – № 9. – С. 21-23.

14. Крищенко В.П. Методы оценки качества растительной продукции / В.П. Крищенко. – Москва: Колос, 1983. – 134 с.

15. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – Москва: Высшая школа, 1980. – 292 с.

16. Лизиметрические исследования в России / Под общей редакцией члена-корр. РАСХН Н.В. Войтовича. – Москва: НИИСХ ЦРНЗ, 2004. – 112 с.

17. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С.С. Литвинов. – Москва: ВНИИО, 2011. – 648 с.

18. Литтл Т. Сельскохозяйственное дело. Планирование и анализ / Т. Литтл, Ф. Хиллз. – Москва: Колос, 1981. – 320 с.

19. Марков В.М. Методика полевых опытов с овощными культурами / В.М. Марков, М.А. Тиброва. – Москва: Сельхозгиз, 1956. – 104 с.

20. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. – Ленинград : Колос, 1972. – 200 с.

21. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. / Вып. 4. Картофель, овощные и бахчевые культуры. - Москва: Колос, 1975. – 324 с.

22. Методика изучения особенностей роста и агротехники возделывания сельскохозяйственных культур на полях, защищенных лесными полосами. – Волгоград, 1970. – 37 с.

23. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / Под ред. В.Ф. Белика. - Москва: Агропромиздат, 1992. – 319 с.

24. Методика полевых и вегетационных опытов с удобрениями и гербицидами. – Москва: Наука, 1967. – 180 с.

25. Методика физиологических исследований в овощеводстве и бахчеводстве / Под ред. В.Ф. Белика. – Москва: ВАСХНИЛ, 1970. – 211 с.

26. Методические рекомендации по проведению опытов с овощными культурами в сооружениях защищенного грун-

та. Москва: ВАСХНИЛ, 1976. – 107 с.

27. Методические указания по диагностике минерального питания кормовых, овощных и полевых культур – Москва: Колос, 1972. – 137 с.

28. Методические указания по проведению научно-исследовательских работ по хранению овощей / Под ред. Е.П. Широкова. - Москва: ВАСХНИЛ, 1982. – 34с.

29. Методы белкового и аминокислотного анализа растений. – Ленинград: ВАСХНИЛ – ВИР, 1973. – 144 с.

30. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. – Москва – Ленинград: Колос, 1972. – 412 с.

31. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский. – Москва: Наука, 1971. – 576с.

32. Моисейченко В.Ф. Основы научных исследований в плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве / В.Ф. Моисейченко, А.Х. Заверюха, М.Ф. Трифонова. – Москва: Колос, 1994. – 382 с.

33. Моделирование продуктивности агроэкосистем. Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. – 289 с.

34. Налимов В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В.В. Налимов, Н.А. Чернова – Москва: Наука, 1965. 258 с.

35. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович, Л.Е. Строганова, С.Н. Чмора, М.П. Власова. - Москва: АН СССР, 1961. – 162 с.

36. Пирс С. Полевые опыты с плодовыми деревьями / С. Пирс. – Москва: Колос, 1969. – 244 с.

37. Полевой опыт / под ред. П.Г. Найдина. – Москва: Колос, 1968. – 259 с.

38. Проведение многофакторных опытов с удобрениями и математический анализ их результатов. – Москва: ВАСХНИЛ, 1976. – 111с.

39. Рассыпнов В.А. Сборник задач и упражнений по методике опытного дела : учебное пособие / В.А. Рассыпнов . – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Барнаул, 1987 . – 64 с.

40. Руководство по апробации овощных культур и кормовых корнеплодов / Под ред. академика ВАСХНИЛ Д.Д. Брежнева. – Москва: Колос. – 1982. – 415 с.

41. Снедекор Д.У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии / Д.У. Снедекор. – Москва: Сельхозгиз, 1961. – 497с.

42. Урбах В.Ю. Биометрические методы / В.Ю. Урбах. – М.: Наука, 1964. – 410 с.

43. Финни Д. Введение в теорию планирования экспериментов / Д. Финни. – Москва: Наука, 1970. – 280 с.

44. Чумаков А.Е. Основные методы фитопатологических исследований // Науч. тр. ВАСХНИЛ. – Москва: Колос, 1974.

45. Шатилов И.С. Агрофизические, агрометеологические и агротехнические основы программирования урожая. / И.С. Шатилов, А.Ф. Чудновский. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1980. – 348 с.

46. Юдин М.И. Планирование эксперимента и обработка его результатов : Монография / М.И. Юдин . – Краснодар, 2004. – 240с.

47. Юдин Ф.А. Методика агрохимических исследований /Ф.А. Юдин. – Москва: Колос, 1971. – 272 с.

48. Яковлев В.Б. Статистика. Расчеты в Microsoft Excel : учебное пособие. / В.Б. Яковлев . – Москва: Колос, 2005 . – 351 с.

49. Якушев В.П. Статистический анализ опытных данных. Непараметрические критерии / В.П. Якушев, В.М. Буре. – С.-Петербург, 2001. - 225 с.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Альтернатива — одна из двух исключаящих друг друга возможностей. Например, альтернативные признаки: белый — черный (небелый), высокий — низкий и т. п.

Амплитуда — максимальный размах колебаний какого-либо тела, например маятника. В биологии — наибольшая величина колеблемости (вариабельности) признака, характеризующая его минимальным и максимальным значениями в популяции.

Аномалия — отклонение от нормы, неправильность.

Асимметричное или скошенное распределение — распределение, отличающееся от нормального увеличением частот правой или левой части вариационной кривой.

Асимметрия — отсутствие или нарушение симметрии при распределении вариантов по классам вариационного ряда; скошенность кривых распределения.

Блок — часть повторения, компактная группа нескольких делянок опыта; в зарубежной литературе термин применяется как для обозначения обычных повторений, так и собственно блоков — неполных повторений.

Вариабельность — свойство условных единиц (растений, урожаев на параллельных делянках полевого опыта и т. п.) отличаться друг от друга даже в однородных совокупностях.

Варианта — отдельное значение варьирующего признака; единичный элемент вариационного ряда, статистической совокупности.

Вариант опыта — изучаемое растение, сорт, условия возделывания, агротехнический прием или их сочетание.

Вариационный ряд — ряд данных, в которых указаны значения варьирующего признака в порядке возрастания или убывания, а также соответствующие им численности объектов — частоты.

Вариация — единичное изменение, уклонение от чего-либо. В общем смысле — разнообразие, видоизменение одного и того же признака, наблюдаемое в статистической совокупности.

Варьирование — производное от слова вариация — осо-

бая форма биологической изменчивости, выражающаяся в виде внутригруппового индивидуального разнообразия.

Величина – все то, что можно измерить и исчислить; размер, объем, протяженность чего-либо.

Вероятность – мера объективной возможности события, отношение числа благоприятных случаев к общему числу всех возможных случаев. Обозначается вероятность буквой Р.

Вероятность – объективная возможность осуществления чего-либо, степень уверенности, надежности или достоверности в чём-либо. Математически выражается отношением числа случаев, благоприятствующих наступлению ожидаемого события, к общему числу всех единственно возможных равно-возможных и несовместных событий.

Выборка – часть генеральной (общей) совокупности или группа вариантов, взятая для совместного изучения.

Выключка – часть учетной делянки, исключенной из учета вследствие случайных повреждений или ошибок, допущенных при проведении опыта.

Гистограмма – изображение вариационного ряда в виде столбиковой диаграммы, в которой высоты прямоугольников (столбиков) соответствуют частотам классов.

Группировка – объединение чего-либо (особей, вариант) для совместного изучения; расположение вариантов в таблицы или ряды.

Дактиль-метод – стандартное размещение вариантов, при котором контрольный вариант (стандарт) размещается через два опытных.

Делянка опытная – элементарная единица полевого опыта, часть площади опыта, имеющая определенный размер и форму и предназначенная для размещения отдельного варианта.

Делянка учетная – часть площади опытной делянки, предназначенной для учета урожая (без боковых и концевых защиток).

Диапазон – размер, объем, охват чего-либо.

Дисперсия выборочная – показатель вариации, изменчивости изучаемого признака.

Дисперсия варианта – характеристика вариации при-

знака, выражаемая средним квадратом отклонений вариант от средней арифметической данной совокупности; мера рассеяния отдельных значений случайной величины, выражаемая математическим ожиданием квадрата отклонения случайной величины от ее математического ожидания.

Дисперсионный анализ – метод анализа результатов эксперимента, заключающийся в разложении общей изменчивости результативного признака, например урожая, на части – компоненты, соответствующие повторениям, вариантам, ошибкам случайного порядка и т. д.

Доверительные вероятности – степени уверенности или надежности безошибочной оценки параметров генеральной совокупности по данным выборочного наблюдения.

Доверительные границы (или интервал) – границы, в которых с той или иной вероятностью заключена искомая величина генеральной совокупности.

Достоверность опыта – значимость действия и взаимодействия изучаемых факторов; оценивают по Р-критерию и НСР₀₅; правильно спланированные и реализованные схема и методика проведения опыта, соответствие их поставленным перед исследователем задачам, правильный выбор объекта, условий проведения опыта и метода статистической обработки данных.

Дробный учет – учет урожая рекогносцировочного посева одинаковыми (10-50-100 м²) деланками.

Защитная полоса, защитка – краевые (боковые и концевые) части деланок, которые не подвергаются учету и служат для исключения влияния растений соседних вариантов, для предохранения учетной части деланки от случайных повреждений, для разворота машин и орудий и т. п.

Значимость (существенность) – мера объективной возможности (риск) сделать ошибочное заключение при оценке результатов опыта. При оценке результатов полевого опыта принято опираться на 5%-ный уровень значимости, при котором риск сделать ошибочное заключение составляет 5%. При более строгой оценке принимают 1%-ный уровень значимости.

Изменчивость – вариабельность, вариация, колеблемость

индивидуальных значений признаков X около среднего значения \bar{x} . Основной мерой изменчивости является дисперсия S^2 и стандартное отклонение σ .

Индекс – числовой показатель относительной величины, характеризующей (в процентах, или в долях единицы) состояние или динамику какого-либо явления.

Интервал – расстояние, промежуток, пространство, отделяющее один предмет от другого.

Интерполяция – нахождение промежуточных значений величины по некоторым известным ее значениям.

Контроль (стандарт) – один или несколько вариантов, с которыми сравнивают опытные варианты.

Корректирующий фактор – поправка в дисперсионном анализе при расчете сумм квадратов отклонений от условной и средней от произвольного начала. Обозначается буквой C .

Корреляционный анализ – статистический метод определения тесноты и формы связи между признаками.

Корреляция – зависимость или связь между варьирующими величинами, не имеющая функционального характера.

Корреляция – взаимосвязь между признаками, заключающаяся в том, что средняя величина значений одного признака меняется в зависимости от изменения другого признака.

Коэффициент вариации (изменчивости) – относительный показатель изменчивости признака; представляет отношение стандартного отклонения σ к средней арифметической, выраженное в процентах. Обозначается буквой V .

Коэффициент детерминации – показывает процент (долю) тех изменений, которые в данном явлении зависят от изучаемого фактора; равняется квадрату коэффициента корреляции r^2 .

Коэффициент корреляции – статистический показатель тесноты (силы) связи. Обозначается буквой r .

Коэффициент регрессии – число, показывающее, в каком направлении и на какую величину изменяется в среднем зависимая переменная y (результативный признак) при измене-

нии независимой переменной A на единицу измерения.

Кривая распределения – линейный график вариационного ряда.

Критерий – мерило надежности, достоверности наших знаний, суждений, выводов, их соответствие истине, реальной действительности.

Кумулята – график вариационного ряда, в котором на оси абсцисс нанесены значения признака, а на оси ординат – значения накопленных частот, полученные последовательным суммированием классовых частот в направлении от минимальной к максимальной варианту.

Кумуляция – последовательное суммирование частот вариационного ряда.

Латинский квадрат – схема рендомизированного (случайного) размещения вариантов в полевом опыте, в котором деланки располагаются рядами и столбцами (4×4 , 5×5 и т. д.). В каждом ряду и столбце должен быть полный набор вариантов схемы (повторения), следовательно, в латинском квадрате число повторений равно числу вариантов, и общее число деланок равно квадрату числа вариантов.

Латинский прямоугольник – схема рендомизированного (случайного) размещения вариантов в полевом опыте. В основе лежит латинский квадрат, который и определяет повторность опыта, число рядов и столбцов. Число вариантов должно быть кратным повторности ($4 \times 4 \times 3$), повторность $n = 4$, число вариантов $4 \times 3 = 12$.

Лимиты – границы вариации признака; минимальная и максимальная варианты совокупности или ряда.

Математическое ожидание – среднее значение случайной величины.

Медиана – непараметрическая средняя, которая находится точно в середине вариационного ряда, делит его на две равные части.

Методика полевого опыта – совокупность слагающих ее элементов: число вариантов, площадь деланок, их форма и направление, повторность, система размещения вариантов, повторений и деланок на территории, метод учета урожая, организация опыта во времени, а также метод статистического

анализа данных.

Метод расщепленных (сложных) делянок – эксперимент, в котором делянки одного опыта используются как блоки для другого. Делянки первого порядка расщепляются на делянки второго порядка, а последние – на более мелкие делянки третьего порядка. Метод расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов используют для закладки многофакторных опытов.

Метод рендомизированных (случайных) повторений – эксперимент, в котором варианты по делянкам размещены в случайном порядке по таблице случайных чисел или по жребию. Это наиболее распространенный метод размещения вариантов.

Мода – господствующая величина, значение класса с наибольшей частотой.

Наименьшая существенная разность (НСР) – величина, указывающая границу возможных случайных отклонений в эксперименте; это та минимальная разность в урожаях между средними, которая в данном опыте признается существенной при 5%-ном ($НСР_{05}$) или 1%-ном ($НСР_{01}$) уровне значимости.

Накопленные частоты – числовые значения, получаемые последовательным суммированием (кумуляцией) частот вариационного ряда.

Норма – установленная мера сравнения, размер чего-либо.

Ошибка, или погрешность, – неправильность, неточность, допускаемая при измерении, расчете, вычислении; отклонение вычисленной или полученной в опыте величины от ее значения в генеральной совокупности.

Ошибка опыта, выборки – мера расхождения между результатами выборочного исследования и истинным значением измеряемой величины. При обработке результатов полевого опыта методом дисперсионного анализа определяется обобщенная ошибка средних, выражаемая в тех же единицах измерения, что и изучаемый признак. Ошибка S , выраженная в процентах от соответствующей средней, называется относительной ошибкой опыта или выборки (87%). В полевом

опыте величина $S\%$ (старое обозначение $m\%$ или P) часто без учета уровня урожайности используется в качестве показателя, характеризующего «точность полевого опыта».

Параметр — величина, входящая в математическую формулу и сохраняющая свое постоянное значение в условиях данной задачи.

Повторение — часть площади опытного участка, включающего делянки с полным набором вариантов схемы опыта.

Повторность — число одноименных делянок каждого варианта в данном полевым опыте. Повторность опыта во времени — число лет испытания агротехнических приемов или сортов.

Полевой опыт — исследование, осуществляемое в полевой обстановке на специально выделенном участке для оценки действия различных вариантов (сорт) на урожай растений и его качество.

Полигон — многоугольник; графическое изображение прерывистого вариационного ряда.

Популяция — элементарная внутривидовая группировка (некоторая совокупность особей одного и того же вида).

Признак — примета, знак, по которому можно узнать что-либо, отличить один предмет от другого; любая черта, морфологическая или функциональная особенность, по которой различаются и исследуются биологические объекты.

Производственный сельскохозяйственный опыт — комплексное исследование, которое проводится непосредственно в производственных условиях бригадами, отделениями, хозяйствами или группой хозяйств и отвечает конкретным задачам самого материального производства, его развития и совершенствования.

Разнообразие — неоднородность особей, предметов по каким-либо признакам; обилие чего-либо исходного, различного.

Ранжирование — размещение чего-либо в определенном порядке, в направлении возрастания или убывания значений изучаемого признака.

Регрессия — математическое выражение линии связи

между коррелированными признаками.

Рекогносцировочный посев (разведывательный) – сплошной посев одной культуры, предшествующий закладке полевого опыта и проводимый для выявления степени однородности (путем дробного учета урожая) почвенного плодородия на площади опыта.

Рендомизированное (случайное) размещение вариантов – такое расположение полевого опыта, когда порядок следования вариантов в каждом повторении определяется по жребию или таблице случайных чисел.

Симметрия – строгая соразмерность, наблюдаемая в чем-либо, в частности, в распределении случайных величин по нормальному закону.

Систематическое размещение вариантов – порядок следования вариантов в каждом повторении подчиняется определенной системе (последовательно, в шахматном порядке).

Случайность – характеристика объективно существующих событий, которые не вытекают с необходимостью из закономерного развития действительности, хотя и имеют свои причины.

Совокупность – объединение однородных в отношении некоторых условий, объектов, предметов, особей, фактов.

Стандартное размещение вариантов – такое расположение полевого опыта, когда контрольные варианты (стандарты) располагаются через 1-2 опытных варианта.

Статика – понятие, противоположное динамике, обозначающее состояние равновесия, относительный покой.

Статистика – наука о количественном изучении массовых явлений в целях выявления их качественного своеобразия.

Степени свободы – числа независимых величин, участвующих в образовании обобщенных статистических показателей.

Стохастический – то же, что случайный, вероятностный.

Схема опыта – совокупность опытных и контрольных вариантов, объединенных общей идеей.

Типичность (репрезентативность) опыта – соответствие

условий его проведения почвенно-климатическим и агротехническим условиям сельскохозяйственного производства данной зоны.

Точность опыта (относительная ошибка) $S\bar{x}\%$ – ошибка средней $S\%$, выраженная в процентах от соответствующей средней (см. ошибка опыта).

Трансгрессия – явление, наблюдаемое при распределении двух совокупностей по какому-нибудь одному признаку, когда максимальные значения одного вариационного ряда заходят за минимальные значения другого ряда, образуя под кривыми двух распределений часть общей площади в прямоугольной системе координат.

Уравнительный посев – сплошной посев одной культуры для повышения плодородия почвы участка, выбранного для закладки опыта.

Уровни значимости – предельно допустимые значения вероятности, которыми можно пренебречь при оценке достоверности статистических показателей.

Уровень значимости – риск сделать ошибочное заключение. В агрономических исследованиях допускается 5 и 1%. Обозначается буквой Р.

Учет урожая сплошной – метод учета урожая, при котором всю товарную часть продукции (зерно, клубни, волокно, сено и т. п.) взвешивают и учитывают со всей площади каждой учетной делянки полевого опыта.

Учет урожая по пробным снопам – метод учета урожая, при котором взвешивают и учитывают общую массу урожая со всей площади каждой учетной делянки, а товарную его часть (зерно, сено и т. п.) рассчитывают по данным учета с пробных снопов, отбираемых от общей массы урожая перед ее взвешиванием в поле.

Факториальный опыт (ПФЭ) – многофакторный опыт, схема которого включает все возможные сочетания (комбинации) факторов, что позволяет установить действие и взаимодействие изучаемых факторов.

Функциональная зависимость – вид связи между переменными величинами, когда каждому значению, которое мо-

жет принять одна из них (X), соответствует одно или несколько строго определенных значений другой величины (Y).

Функция – переменная величина, значения которой зависят от значений другой переменной величины и соответствуют им; соответствие между переменными величинами.

Частота – численность отдельных вариантов, встречаемых в данной совокупности, численность вариантов в классах вариационного ряда.

Число степеней свободы – число свободно варьирующих величин. Обозначается буквой v и в простейшем случае равно числу всех наблюдений минус единица ($n-1$).

Шахматное размещение вариантов – разновидность систематического размещения, когда повторения в опыте располагаются в несколько ярусов и для более равномерного размещения вариантов по площади опыта расположение их в каждом ярусе сдвигается на частное от деления числа вариантов на число ярусов.

Экссесс – крайнее проявление чего-либо, нарушение нормального хода чего-либо. В статистике – один из видов нарушения нормальности распределения вариантов, которые чрезмерно накапливаются в некоторых, обычно в центральных классах вариационного ряда.

Ямб-метод – стандартное размещение вариантов, при котором опытный вариант чередуется со стандартом.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1. Значения критерия t на 5, 1 и 0,1 %-ном
уровнях значимости

Число степеней свободы	Уровень значимости			Число степеней свободы	Уровень значимо- сти		
	0,05	0,01	0,05		0,05	0,01	0,001
1	12,71	63,66	-	18	2,10	2,88	3,92
2	4,30	9,93	31,60	19	2,09	2,86	3,88
3	3,18	5,84	12,94	20	2,09	2,85	3,85
4	2,78	4,60	8,61	21	2,08	2,83	3,82
5	2,57	4,03	6,86	22	2,07	2,82	3,79
6	2,45	3,71	5,96	23	2,07	2,81	3,77
7	2,37	3,50	5,41	24	2,06	2,80	3,75
8	2,31	3,36	5,04	25	2,06	2,79	3,73
9	2,26	3,25	4,78	26	2,06	2,78	3,71
10	2,23	3,17	4,59	27	2,05	2,77	3,69
11	2,20	3,11	4,44	28	2,05	2,76	3,67
12	2,18	3,06	4,32	29	2,05	2,76	3,66
13	2,16	3,01	4,22	30	2,04	2,75	3,65
14	2,15	2,98	4,14	50	2,01	2,68	3,50
15	2,13	2,95	4,07	100	1,98	2,63	3,39
16	2,12	2,92	4,02	>100	1,96	2,58	3,29
17	2,11	2,90	3,97				

Таблица 2. Значение критерия F на 5%-ном уровне
значимости (вероятность 95%)

Степень свободы для меньшей дисперсии (знаменатель)	Степень свободы для большей дисперсии (числитель)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	50	100
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	249	452	253
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,38	19,39	19,41	19,45	19,47	19,49
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,78	8,74	8,64	8,58	8,56
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,77	5,70	5,66
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74	4,68	4,53	4,44	4,40
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,27	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,84	3,75	3,71
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63	3,57	3,41	3,32	3,28
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34	3,28	3,12	3,03	2,98
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,07	2,90	2,80	2,76
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97	2,91	2,74	2,64	2,59
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,86	2,79	2,61	2,50	2,45
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80	2,76	2,69	2,50	2,40	2,35
13	4,64	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,84	2,77	2,72	2,67	2,60	2,42	2,32	2,26
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,70	2,65	2,60	2,53	2,35	2,24	2,19
15	4,54	3,60	3,29	3,06	2,90	2,79	2,70	2,64	2,59	2,55	2,48	2,29	2,18	2,12
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,24	2,13	2,07
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,60	2,62	2,55	2,50	2,45	2,38	2,19	2,08	2,02
18	4,41	3,55	3,18	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,15	2,04	1,98
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,55	2,48	2,43	2,38	2,31	2,11	2,00	1,94
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,52	2,45	2,40	2,35	2,28	2,08	1,96	1,90
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25	2,05	1,93	2,87
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,47	2,40	2,35	2,30	2,23	2,03	1,91	1,84
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,45	2,38	2,32	2,28	2,20	2,00	1,88	1,82
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,43	2,36	2,30	2,26	2,18	1,98	1,86	1,80
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,41	2,34	2,25	2,24	2,16	1,96	1,84	1,77
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,25	2,22	2,15	1,95	1,82	1,76
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,36	2,29	2,24	2,19	2,12	1,91	1,78	1,72
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,34	2,27	2,21	2,12	2,09	1,89	1,76	1,69
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,07	2,00	1,79	1,66	1,59
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,70	2,13	2,07	2,02	1,95	1,74	1,60	1,52
110	3,94	3,09	2,70	2,46	2,30	2,19	2,10	2,03	1,97	1,92	1,85	1,63	1,48	1,39

Таблица 3. Значение критерия F на 1%-ном уровне значимости
(вероятность 99%)

Степень свободы для меньшей дисперсии (знаменатель)	Степень свободы для большей дисперсии (числитель)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	50	100
1	4042	4999	5403	5625	5764	5889	5928	5981	6022	6056	6106	6234	6302	6334
2	98,49	99,01	99,17	99,25	99,30	99,33	99,34	99,36	99,38	99,40	99,42	99,46	99,48	99,49
3	34,12	30,81	29,46	28,71	28,24	27,91	27,67	27,49	27,34	27,23	27,05	26,60	26,35	26,23
4	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,98	14,80	14,66	14,54	14,37	13,93	13,69	13,57
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,45	10,27	10,15	10,05	9,89	9,47	9,24	9,13
6	13,74	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98	7,87	7,72	7,31	7,09	6,99
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	7,00	6,84	6,71	6,62	6,47	6,07	5,85	5,75
8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,19	6,03	5,91	5,82	5,67	5,28	5,06	4,96
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,62	5,47	5,35	5,26	5,11	4,73	4,51	4,41
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,21	5,06	4,95	4,85	4,71	4,33	4,12	4,01
11	9,85	7,20	6,22	5,67	5,32	5,07	4,88	4,74	4,63	4,54	4,40	4,02	3,80	3,70
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,65	4,50	4,39	4,30	4,16	3,78	3,56	3,46
13	9,07	6,70	5,74	5,20	4,86	4,62	4,44	4,30	4,19	4,10	3,96	3,59	3,37	3,27
14	8,86	6,51	5,56	5,03	4,69	4,46	4,28	4,14	4,03	3,94	3,80	3,43	3,21	3,11
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89	3,80	3,67	3,29	3,07	2,97
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	3,89	3,78	3,69	3,61	3,45	3,18	2,96	2,86
17	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,93	3,79	3,68	3,59	3,45	3,08	2,86	2,76
18	8,28	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,85	3,71	3,60	3,51	3,37	3,00	2,78	2,68
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,77	3,68	3,52	3,43	3,30	2,92	2,70	2,63
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,71	3,56	3,45	3,37	3,23	2,86	2,63	2,53
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,65	3,51	3,40	3,31	3,17	2,80	2,58	2,47
22	7,94	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,59	3,45	3,35	3,26	3,12	2,75	2,53	2,42
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,54	3,41	3,30	3,21	3,07	2,70	2,48	2,37
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,50	3,36	3,25	3,17	3,03	2,66	2,44	2,33
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,86	3,63	3,46	3,32	3,21	3,13	2,99	2,62	2,40	2,29
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,17	3,09	2,96	2,58	2,36	2,25
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,76	3,53	3,36	3,23	3,11	3,03	2,90	2,52	2,30	2,18
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,06	2,98	2,84	2,47	2,24	2,13
40	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,88	2,80	2,66	2,29	2,05	1,94
50	7,17	5,06	4,20	3,72	3,41	3,18	3,02	2,88	2,78	2,70	2,56	2,18	1,94	1,81
110	6,90	4,82	3,98	3,51	3,20	2,99	2,82	2,69	2,59	2,51	2,36	1,98	1,73	1,59

Таблица 4. Значения критерия χ^2

Число степеней свободы	Уровень значимости							
	0,99	0,95	0,75	0,50	0,25	0,10	0,05	0,01
1	0,10	0,45	1,32	2,71	3,84	6,63
2	0,02	0,10	0,58	1,39	2,77	4,61	5,99	9,21
3	0,11	0,35	1,21	2,37	4,11	6,25	7,81	11,34
4	0,30	0,71	1,92	3,36	5,39	7,78	9,49	13,28
5	0,55	1,15	2,67	4,35	6,63	9,24	11,07	15,09
6	0,87	1,64	3,45	5,35	7,84	10,64	12,59	16,81
7	1,24	2,17	4,25	6,35	9,04	12,02	14,07	18,48
8	1,65	2,73	5,07	7,34	10,22	13,36	15,51	20,09
9	2,09	3,33	5,90	8,34	11,39	14,68	16,92	21,67
10	2,56	3,94	6,74	9,34	12,55	15,99	18,31	23,21
11	3,05	4,57	7,58	10,34	13,70	17,28	19,68	24,72
12	3,57	5,23	8,44	11,34	14,85	18,55	21,03	26,22
13	4,11	5,89	9,30	12,34	15,98	19,81	22,36	27,69
14	4,66	6,57	10,17	13,34	17,12	21,06	23,68	29,14
15	5,23	7,26	11,04	14,34	18,25	22,31	25,00	30,58
16	5,81	7,96	11,91	15,34	19,37	23,54	26,30	32,00
17	6,41	8,67	12,79	16,34	20,49	24,77	27,59	33,41
18	7,01	9,39	13,68	17,34	21,60	25,99	28,87	34,81
19	7,63	10,12	14,56	18,34	22,72	27,20	30,14	36,19
20	8,26	10,85	15,45	19,34	23,83	28,41	31,41	37,57
21	8,90	11,59	16,34	20,34	24,93	29,62	32,67	38,93
22	9,54	12,34	17,24	21,34	26,04	30,81	33,92	40,29
23	10,20	13,09	18,14	22,34	27,14	32,01	35,17	41,64
24	10,86	13,85	19,04	23,34	28,24	33,20	36,42	42,98
25	11,52	14,61	19,94	24,34	29,34	34,38	37,65	44,31
26	12,20	15,38	20,84	25,34	30,43	35,56	38,89	45,64
27	12,88	16,15	21,75	26,34	31,53	36,74	40,11	46,93
28	13,56	16,93	22,66	27,34	32,62	37,92	41,34	48,28
29	14,26	17,71	23,57	28,34	33,71	39,09	42,56	49,59
30	14,95	18,49	24,48	29,34	34,80	40,26	43,77	50,89
40	22,16	26,51	33,66	39,34	45,62	51,80	55,76	63,69
50	29,71	34,76	42,94	49,33	56,33	63,17	67,50	76,15
60	37,48	43,19	52,29	59,33	66,98	74,40	79,08	88,38
70	45,44	51,74	61,70	69,33	77,58	85,53	90,53	100,42
80	53,54	60,39	71,14	79,33	88,13	96,58	101,88	112,33
90	61,75	69,13	80,62	89,33	98,64	107,56	113,14	124,12
100	70,06	77,93	90,13	99,33	109,14	118,50	124,34	135,81

Таблица 5. Соотношение между величинами Z и r

Десятые доли r	Сотые доли r									
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	Значение Z									
0,0	0,000	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090
0,1	0,100	0,110	0,121	0,131	0,141	0,151	0,161	0,172	0,182	0,192
0,2	0,203	0,213	0,224	0,234	0,245	0,255	0,266	0,277	0,288	0,299
0,3	0,309	0,321	0,332	0,343	0,354	0,365	0,377	0,388	0,400	0,412
0,4	0,424	0,436	0,448	0,460	0,472	0,485	0,498	0,510	0,523	0,536
0,5	0,549	0,563	0,576	0,590	0,604	0,618	0,633	0,648	0,663	0,678
0,6	0,693	0,709	0,725	0,741	0,758	0,776	0,793	0,811	0,829	0,848
0,7	0,867	0,887	0,908	0,929	0,951	0,973	0,996	1,020	1,045	1,071
0,8	1,099	1,127	1,157	1,188	1,221	1,256	1,293	1,333	1,376	1,422
0,9	1,472	1,527	1,589	1,658	1,738	1,832	1,946	2,092	2,298	2,647

Таблица 6. Значения критерия τ для 5 и 1 %-ного уровней значимости

n	τ		n	τ	
	0,01	0,05		0,01	0,05
4	0,991	0,955	13	0,502	0,395
5	0,916	0,807	16	0,472	0,369
6	0,805	0,689	18	0,449	0,349
7	0,740	0,610	20	0,430	0,334
8	0,683	0,554	22	0,414	0,320
9	0,635	0,512	24	0,400	0,309
10	0,597	0,477	26	0,389	0,299
11	0,566	0,460	28	0,378	0,291
12	0,541	0,428	30	0,369	0,283

Таблица 7. Необходимые (минимальные) значения коэффициента корреляции при различных уровнях значимости P и разном числе степеней свободы df ($df = n-2$)

df	P		df	P	
	0,05	0,01		0,05	0,01
3	0,88	0,96	26	0,37	0,48
4	0,81	0,92	27	0,37	0,47
5	0,75	0,87	28	0,36	0,46
6	0,71	0,83	29	0,36	0,46
7	0,67	0,80	30	0,35	0,45
8	0,63	0,77	35	0,33	0,42
9	0,60	0,74	40	0,30	0,39
10	0,58	0,71	45	0,29	0,37
11	0,55	0,68	50	0,27	0,35
12	0,53	0,66	60	0,25	0,33
13	0,51	0,64	70	0,23	0,30
14	0,50	0,62	80	0,22	0,28
15	0,48	0,61	90	0,21	0,27
16	0,47	0,59	100	0,20	0,25
17	0,46	0,58	125	0,17	0,23
18	0,44	0,56	150	0,16	0,21
19	0,43	0,55	200	0,14	0,18
20	0,42	0,54	300	0,11	0,15
21	0,41	0,53	400	0,10	0,13
22	0,40	0,52	500	0,09	0,12
23	0,40	0,51	700	0,07	0,10
24	0,39	0,50	900	0,06	0,09
25	0,38	0,49	1000	0,06	0,09

Таблица 8. Таблица случайных чисел

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	10	09	73	25	33	76	52	01	35	68	34	67	35	48	76	80	95	90	91	17
2	37	54	20	48	05	69	89	47	42	39	24	80	52	40	37	20	63	61	04	02
3	08	42	26	89	53	14	64	50	93	60	23	20	90	25	60	15	95	33	47	64
4	99	01	90	25	29	09	37	67	07	51	38	31	13	11	63	88	67	67	43	97
5	12	80	79	99	69	80	15	73	61	74	64	03	23	66	53	98	95	11	68	77
6	66	06	57	47	17	34	07	27	68	05	36	69	73	61	70	65	81	33	98	85
7	31	06	01	08	05	45	57	18	24	60	35	30	34	26	14	86	79	90	74	39
8	85	26	97	76	02	02	05	16	56	29	68	66	57	48	18	73	05	38	52	47
9	63	57	33	21	35	05	32	54	70	84	90	55	35	75	48	28	46	82	87	09
10	73	79	64	47	53	03	52	97	47	87	35	80	83	42	82	60	93	54	03	34
11	98	52	01	77	67	14	90	56	86	70	22	10	94	05	58	60	97	09	34	33
12	11	80	50	54	31	39	80	82	77	23	50	72	56	82	48	29	40	52	42	01
13	82	45	29	96	34	06	28	89	80	38	13	74	67	00	78	18	47	54	06	10
14	88	68	54	02	00	86	50	75	84	01	36	76	66	79	51	90	36	47	64	93
15	99	59	46	73	48	87	51	76	49	69	91	82	60	89	28	93	78	56	13	68
16	65	48	11	76	74	17	46	85	09	50	58	04	77	69	74	73	03	95	71	86
17	80	12	43	56	35	17	72	70	80	15	45	31	82	23	74	21	11	57	82	53
18	74	35	99	98	17	77	40	27	72	14	43	23	60	02	10	45	52	16	42	37
19	69	91	62	68	03	66	25	22	91	48	36	93	68	72	03	76	62	11	39	90
20	09	89	32	05	05	14	22	56	85	14	46	42	75	67	88	96	29	88	77	22
21	91	49	92	45	23	68	47	92	76	86	46	16	28	35	54	94	75	08	99	23
22	80	33	69	45	98	26	94	03	68	58	70	29	73	41	35	53	14	03	33	40
23	44	10	48	29	49	85	15	74	49	54	32	97	92	65	75	57	60	04	08	81
24	12	55	07	37	42	11	10	00	20	20	12	87	07	46	97	64	48	94	39	39
25	63	60	64	93	29	16	50	53	44	84	40	21	95	25	63	43	65	17	70	82
26	61	19	69	04	46	26	45	74	77	74	51	92	43	37	29	65	39	45	95	93
27	15	47	44	52	66	95	27	07	99	59	36	78	38	48	82	39	61	01	18	18
28	94	55	72	85	73	67	89	75	43	87	54	62	24	44	31	92	19	04	25	92
29	42	48	11	62	13	97	31	40	87	21	16	86	84	87	67	03	07	11	20	59
30	23	52	37	83	17	73	20	88	98	37	68	59	14	16	26	22	22	25	96	63

Таблица 9. Углы, соответствующие процентам: угол
 $\arcsin \times \sqrt{\text{процент}}$

%	Десятые доли процента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0	1,8	2,6	3,1	3,6	4,0	4,4	4,8	5,1	5,4
1	5,7	6,0	6,3	6,6	6,8	7,0	7,3	7,5	7,7	7,9
2	8,1	8,3	8,5	8,7	8,9	9,1	9,3	9,5	9,6	9,8
3	10,0	10,1	10,3	10,5	10,6	10,8	10,9	11,1	11,2	11,4
4	11,5	11,7	11,8	12,0	12,1	12,2	12,4	12,5	12,7	12,8
5	12,9	13,0	13,2	13,3	13,4	13,6	13,7	13,8	13,9	14,1
6	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,8	14,9	15,0	15,1	15,2
7	15,3	15,4	15,6	15,7	15,8	15,9	16,0	16,1	16,2	16,3
8	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	17,0	17,1	17,2	17,3	17,4
9	17,5	17,6	17,7	17,8	17,8	18,0	18,0	18,2	18,2	18,3
10	18,4	18,5	18,6	18,7	18,8	18,9	19,0	19,1	19,2	19,3
11	19,4	19,5	19,6	19,6	19,7	19,8	19,9	20,0	20,1	20,2
12	20,3	20,4	20,4	20,5	20,6	20,7	20,8	20,9	21,0	21,0
13	21,1	21,2	21,3	21,4	21,5	21,6	21,6	21,7	21,8	22,0
14	22,1	22,1	22,1	22,2	22,3	22,4	22,5	22,6	22,6	22,7
15	22,8	22,9	23,0	23,0	23,1	23,2	23,3	23,3	23,4	23,5
16	23,6	23,7	23,7	23,8	23,8	24,0	24,0	24,1	24,2	24,3
17	24,4	24,4	24,5	24,6	24,6	24,7	24,8	24,9	25,0	25,0
18	25,1	25,2	25,2	25,3	25,4	25,5	25,6	25,6	25,7	25,8
19	25,8	25,9	26,0	26,1	26,1	26,2	26,3	26,4	26,4	26,5
20	26,6	26,6	26,7	26,8	26,9	26,9	27,0	27,1	27,1	27,2
21	27,3	27,4	27,4	27,5	27,6	27,6	27,7	27,8	27,8	27,9
22	28,0	28,0	28,1	28,2	28,2	28,3	28,4	28,4	28,5	28,6
23	28,7	28,7	28,8	28,9	28,9	29,0	29,1	29,1	29,2	29,3
24	29,3	29,4	29,5	29,5	29,6	29,7	29,7	29,8	29,9	29,9
25	30,0	30,1	30,1	30,2	30,3	30,3	30,4	30,5	30,5	30,6
26	30,7	30,7	30,8	30,9	30,9	31,0	31,0	31,0	31,2	31,2
27	31,2	31,3	31,4	31,5	31,6	31,6	31,7	31,8	31,8	31,9
28	32,0	32,0	32,1	32,1	32,2	32,3	32,3	32,4	32,5	32,5
29	32,6	32,6	32,7	32,8	32,8	32,9	33,0	33,0	33,1	33,2
30	33,2	33,3	33,3	33,4	33,5	33,5	33,6	33,6	33,7	33,8
31	33,8	33,9	34,0	34,0	34,1	34,1	34,2	34,3	34,3	34,3

32	34,4	34,5	34,6	34,6	34,7	34,8	34,8	34,9	35,0	35,0
33	35,1	35,1	35,2	35,2	35,3	35,4	35,4	35,5	35,6	35,6
34	35,7	35,7	35,8	35,9	35,9	36,0	36,0	36,1	36,2	36,2
35	36,1	36,3	36,4	36,5	36,5	36,6	36,6	36,7	36,8	36,8
36	36,9	36,9	37,0	37,0	37,1	37,2	37,2	37,3	37,4	37,4
37	37,5	37,5	37,6	37,6	37,7	37,8	37,8	37,9	37,9	38,0
38	38,1	38,1	38,2	38,2	38,3	38,4	38,4	38,5	38,5	38,6
39	38,6	38,7	38,8	38,8	38,9	38,9	39,0	39,1	39,1	39,2
40	39,2	39,3	39,4	39,4	39,5	39,5	39,6	39,6	39,7	39,8
41	39,8	39,9	39,9	40,0	40,0	40,1	40,2	40,2	40,3	40,3
42	40,4	40,5	40,5	40,6	40,6	40,7	40,7	40,8	40,9	40,9
43	41,0	41,0	41,1	41,2	41,2	41,3	41,3	41,4	41,4	41,5
44	41,6	41,6	41,7	41,7	41,8	41,8	41,9	42,0	42,0	42,1
45	42,1	42,2	42,2	42,3	42,4	42,4	42,5	42,5	42,6	42,6
46	42,7	42,8	42,8	42,9	42,9	43,0	43,1	43,1	43,2	43,2
47	43,3	43,3	43,4	43,4	43,5	43,6	43,6	43,7	43,7	43,8
48	43,8	43,9	44,0	44,0	44,1	44,1	44,2	44,3	44,3	44,4
49	44,4	44,5	44,5	44,6	44,7	44,7	44,8	44,8	44,9	44,9
50	45,0	45,0	45,1	45,2	45,2	45,3	45,3	45,4	45,5	45,5
51	45,6	45,6	45,7	45,8	45,8	45,9	45,9	46,0	46,0	46,1
52	46,2	46,2	46,3	46,3	46,4	46,4	46,5	46,6	46,6	46,7
53	46,7	46,8	46,8	46,9	47,0	47,0	47,1	47,1	47,2	47,2
54	47,3	47,4	47,4	47,5	47,5	47,6	47,6	47,7	47,8	47,8
55	47,9	47,9	48,0	48,0	48,1	48,2	48,2	48,3	48,3	48,4
56	48,4	48,5	48,6	48,7	48,7	48,7	48,8	48,8	48,9	49,0
57	49,0	49,1	49,1	49,2	49,3	49,3	49,4	49,4	49,5	49,5
58	49,6	49,7	49,7	49,8	49,8	49,9	49,9	50,0	50,1	50,1
59	50,2	50,2	50,3	50,4	50,4	50,5	50,5	50,6	50,6	50,7
60	50,8	50,8	50,9	50,9	51,0	51,1	51,1	51,2	51,2	51,3
61	51,4	51,4	51,5	51,5	51,6	51,6	51,7	51,8	51,8	51,9
62	51,9	52,0	52,1	52,1	52,2	52,2	52,3-	52,3	52,4	52,5
63	52,5	52,6	52,6	52,7	52,8	52,8	52,9	53,0	53,0	53,1
64	53,1	53,2	53,3	53,3	53,4	53,4	53,5	53,6	53,6	53,7
65	53,7	53,8	53,8	53,9	54,0	54,0	54,1	54,2	54,2	54,3
66	54,3	54,4	54,4	54,5	54,6	54,6	54,7	54,8	54,8	54,9
67	54,9	55,0	55,1	55,1	55,2	55,2	55,3	55,4	55,4	55,5

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
РАЗДЕЛ 1. МЕТОДИКА ПОЛЕВОГО ОПЫТА В САДОВОДСТВЕ	4
ГЛАВА 1. ПОНЯТИЯ И ПРИНЦИПЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	4
1.1. Роль науки в развитии садоводства	4
1.2. Краткая история опытного дела в садоводстве.....	9
1.3. Терминология.....	14
1.4. Принципы научного исследования.....	19
1.5. Методология научных исследований в садоводстве	24
Контрольные вопросы.....	26
ГЛАВА 2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ В НАУЧНОМ САДОВОДСТВЕ....	27
2.1. Методы научного садоводства.....	27
2.1.1. Всеобщий метод научного исследования.....	27
2.1.2. Общенаучные методы	28
2.2. Характеристика и область применения лабораторного, вегетационного, лизиметрического и экспедиционного методов.....	33
2.3. Сущность и значение полевого опыта в садоводстве.....	39
2.4. Основные требования к полемому опыту в садоводстве	45
Контрольные вопросы	51
ГЛАВА 3. ВЫБОР, ИЗУЧЕНИЕ И ПОДГОТОВКА УЧАСТКА ПОД ОПЫТ В САДОВОДСТВЕ.....	52
3.1. Рельеф и свойства почвы	53
3.2. История участка.....	56
3.3. Рекогносцировочный посев	57
3.4. Уравнительный посев	59
3.5. Особенности закладки опытов с плодовыми культурами	60
Контрольные вопросы.....	66
ГЛАВА 4. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ ПОЛЕВОГО ОПЫТА В САДОВОДСТВЕ.....	66
4.1. Число вариантов	66
4.2. Повторность и повторение	67
4.3. Площадь, направление и форма делянки.....	69
4.4. Размер опытных делянок	70

4.5. Защитные полосы	73
4.6. Характеристика методов размещения вариантов по делянкам опытного участка	75
4.7. Случайный метод, или метод рендомизации	78
Контрольные вопросы	90
ГЛАВА 5. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА С САДОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ	90
5.1. Общие принципы и этапы планирования эксперимента	90
5.2. Планирование схем однофакторных полевых опытов....	98
5.3. Планирование схем многофакторных полевых опытов .	99
Контрольные вопросы	107
ГЛАВА 6. ПЛАНИРОВАНИЕ НАБЛЮДЕНИЙ И УЧЕТОВ В ПОЛЕВЫХ ОПЫТАХ С САДОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ.....	107
6.1. Общие принципы планирования	107
6.2. Планирование объема выборки при количественной и качественной изменчивости	111
6.3. Учеты и наблюдения в опытах с плодовыми и ягодными культурами	113
6.3.1. Учеты и наблюдения в плодовом питомнике	113
6.3.2. Учеты и наблюдения в опытах с семечковыми культурами	115
6.3.3. Учеты и наблюдения в опытах с косточковыми культурами	127
6.3.4. Учеты и наблюдения в опытах с ягодными культурами	131
6.3.5. Учеты и наблюдения в опытах с орехоплодными культурами	146
6.4. Учеты и наблюдения в овощеводстве открытого грунта	154
6.5. Учеты и наблюдения в защищенном грунте	168
6.5.1. Учеты и наблюдения в опытах с овощными	168
6.5.2. Учеты и наблюдения в грибоводстве	179
6.6. Учеты и наблюдения в виноградарстве	184
6.7. Учеты и наблюдения в опытах с цветочными	195
6.8. Учеты и наблюдения в опытах по хранению продукции садоводства	197

6.8.1. Учеты и наблюдения при хранении плодов семечковых культур	197
6.8.2. Учеты и наблюдения при хранении плодов косточковых культур	198
6.8.3. Учеты и наблюдения при хранении плодов винограда	198
6.8.4. Учеты и наблюдения при хранении плодов ягодных культур	198
6.8.5. Учеты и наблюдения при хранении овощей	199
Контрольные вопросы	210
7. ДОКУМЕНТАЦИЯ И ОТЧЕТНОСТЬ ПО ПОЛЕВОМУ ОПЫТУ	211
Контрольные вопросы	220
РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ	220
ГЛАВА 8. ВАРИАЦИОННАЯ СТАТИСТИКА	220
8.1. Основные понятия	220
8.2. Статистические характеристики количественной и качественной изменчивости	224
8.2.1. Количественная изменчивость	224
8.2.2. Качественная изменчивость	232
8.3. Основные задачи вариационной статистики	234
8.4. Подготовка данных к статистической обработке	235
8.4.1. Округление опытных данных	235
8.4.2. Вычисление средних арифметических	236
8.4.3. Браковка сомнительных дат	236
8.4.4. Восстановление выпавших дат	237
8.4.5. Преобразования исходных дат	238
8.4.6. Выбор метода статистической обработки данных ..	239
Контрольные вопросы	240
ГЛАВА 9. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ	241
9.1. Сущность и основы метода	241
9.2. Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта с однолетними и многолетними садовыми культурами	243
9.2.1. Опыт, размещенный методом рендомизированных повторений с полным набором повторностей	243
9.2.2. Опыт, размещенный методом полной	

рендомизации	246
9.2.3. Опыт, размещенный методом полной рендомизации с разным числом повторностей	248
9.2.4. Опыт, размещенный методом латинского квадрата.....	251
9.2.5. Опыт, размещенный методом латинского прямоугольника.....	254
9.2.6. Опыт с многолетними культурами	256
9.3. Дисперсионный анализ данных многофакторных полевых опытов, проведенных методом рендомизированных повторений и методом расщепленных делянок.....	260
9.3.1. Двухфакторный опыт, размещенный методом рендомизированных повторений.....	260
9.3.2. Двухфакторный опыт, размещенный методом расщепленных делянок.....	263
9.3.3. Трехфакторный опыт, размещенный методом рендомизированных повторений	268
9.3.4. Опыт, размещенный методом смешивания.....	273
9.3.5. Опыт с неполными факториальными схемами	276
9.4. Дисперсионный анализ результатов вегетационных опытов.....	278
9.4.1. Однофакторный вегетационный опыт	278
9.4.2. Двухфакторный вегетационный опыт	282
9.5. Недисперсионные методы статистической обработки данных	285
9.6. Обработка результатов исследований с качественной изменчивостью	288
9.7. Определение соответствия между фактическими и ожидаемыми распределениями по χ^2 -критерию.....	290
Контрольные вопросы.....	292
ГЛАВА 10. КОРРЕЛЯЦИЯ И РЕГРЕССИЯ	294
10.1. Значение корреляционного и регрессионного анализов в опытной работе с садовыми культурами	294
10.2. Корреляционный и регрессионный анализы линейной зависимости.....	295
10.3. Анализ криволинейной зависимости	298
10.4. Выравнивание ряда способом простой скользящей средней.....	302

10.5. Множественная корреляция	303
10.6. Корреляция качественных признаков. Коэффициент наследуемости	304
10.7. Использование ковариационного анализа в садоводстве	308
Контрольные вопросы	311
ГЛАВА 11. ПРОБИТ-АНАЛИЗ	312
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	317
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ	321
ПРИЛОЖЕНИЯ	331

Учебное издание

Мухортов Сергей Яковлевич

ОСНОВЫ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
В САДОВОДСТВЕ

Учебное пособие

Редактор Меснянкин А. Б.

Корректор Меснянкин А. Б.

Компьютерная верстка Л. А. Козьменко

Подписано в печать 15.11.2017. Формат 60×84 1/16.

Печать офсетная. Бумага офсетная. П.л. 21,6

Гарнитура Таймс. Тираж 350 экз. Заказ № 16875

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
Типография ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
394087 Воронеж, ул. Мичурина, 1

