

В. Н. Ефимов, В. Г. Калининко
М. Л. Горлова

**ПОСОБИЕ
К УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ
ПО АГРОХИМИИ**



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ВЫСШИХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

В. Н. ЕФИМОВ, В. Г. КАЛИНИЧЕНКО, М. Л. ГОРЛОВА

63:54
E-912

ПОСОБИЕ К УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ ПО АГРОХИМИИ

Допущено Главным управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования Министерства сельского хозяйства СССР в качестве учебного пособия для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям



ЛЕНИНГРАД · «КОЛОС»
Ленинградское отделение · 1979

к

631.8

E91

УДК 63:54 (075.8)

«Цель и задачи летней учебной практики по агрохимии», «Содержание и продолжительность летней учебной практики», разделы IV, V написаны В. Н. Ефимовым; разделы I, VI, VII – В. Г. Калиниченко; разделы II, III – М. Л. Горловой.

Рецензенты: заведующий кафедрой Пермского сельскохозяйственного института доктор сельскохозяйственных наук М. П. Петухов и кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Воронежского сельскохозяйственного института Н. А. Пресняков.

Ефимов В. Н. и др.

E91 Пособие к учебной практике по агрохимии/В. Н. Ефимов, В. Г. Калиниченко, М. Л. Горлова. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1979. – 136 с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

Настоящее учебное пособие составлено в соответствии с программой курса агрохимии в сельскохозяйственных вузах. В нем дается методика проведения учебной практики в полевых условиях с целью закрепления знаний по общему курсу агрохимии, методике опытов и агрохимических исследований.

E $\frac{40306 - 063}{035(01) - 79}$ 171 – 79. 3802020000

631.8

© Издательство «Колос», 1979

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ЛЕТНЕЙ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ ПО АГРОХИМИИ

Агрохимия, основы которой были заложены в классических трудах Ю. Либиха, Ж. Буссенго и Д. Н. Прянишникова, ныне стала теоретической основой химизации земледелия, научной основой достижения высоких и устойчивых урожаев всех сельскохозяйственных культур.

Химизация сельского хозяйства стала решающим фактором интенсификации сельскохозяйственного производства.

К началу 70-х годов нынешнего столетия химизация охватила по существу все отрасли сельского хозяйства. Химия за короткий срок совершила целую революцию в материальном производстве вообще и в сельскохозяйственном в особенности.

Производство минеральных удобрений в нашей стране растет самыми быстрыми темпами в мире. С 1966 по 1975 г. оно увеличилось в 3 раза, и в настоящее время по валовому выпуску минеральных удобрений СССР вышел на первое место.

Происходит постоянное увеличение средней концентрации питательных веществ в выпускаемых удобрениях. Если в 1965 г. она составляла 20%, то к 1975 г. увеличилась до 37,5%.

Постоянно улучшается ассортимент и увеличивается доля концентрированных и комплексных удобрений.

Возрастает и применение удобрений в расчете на гектар пашни.

Успехи промышленности по производству минеральных удобрений обязывают работников сельского хозяйства повысить эффективность химизации земледелия.

Для этого необходимо расширить подготовку специалистов-агрохимиков и развернуть работы по повышению квалификации всех агрономов в данной области.

Курс агрохимии в сельскохозяйственных институтах на факультете агрохимии и почвоведения состоит из общего теоретического курса агрохимии (лекции), курса методики опытов и агрохимических исследований (лекции, семинарские занятия и курсовой проект), курса по системе применения удобрений (лекции, семинарские занятия и курсовой проект), лабораторно-практических занятий по анализу удобрений, почвы, растений; летней учебной и производственной практики.

Задачей учебной практики является: 1) закрепление студентами теоретических знаний по общему курсу, методике опытов и агрохимических исследований; 2) приобретение практических навыков по закладке полевых, вегетационных опытов различной модификации; 3) приобретение навыков по отбору почвенных и растительных образцов для агрохимического и биохимического анализа; 4) овладение методикой диагностики питания растений по Магницкому и по Церлинг; 5) овладение методикой агрохимического обследования почв и составлением картограмм кислотности почв, обеспеченности их подвижными формами фосфора и калия; 6) ознакомление студентов с технологией производства некоторых минеральных удобрений (экскурсии на завод), а также хранением удобрений, смешиванием и внесением их (экскурсии в агрохимический центр); 7) ознакомление студентов с работой отделений ВАСХНИЛ и ЦИНАО, зональных научно-исследовательских институтов и опытных станций, а также с работой отделов областных агрохимических лабораторий (экскурсии); 8) подробный анализ системы удобрения в учебном хозяйстве института или в передовом хозяйстве соответствующей зоны с выездом в хозяйство студентов.

В вузах, расположенных в Нечерноземной зоне, целесообразно организовать экскурсии на торфопредприятия с целью ознакомления студентов с технологией приготовления торфоминерально-аммиачных удобрений (ТМАУ, ТМУ).

Целью учебной практики по агрохимии является обучение студентов самостоятельной закладке вегетационных и полевых опытов с удобрениями со всеми сопутствующими наблюдениями и анализами; составлению картограммы (паспорта поля), расчету доз удобрений, умению дать оценку плодородия почв, разработать систему удобрения основных сельскохозяйственных культур.

Данное пособие является первой попыткой обобщения опыта проведения такой практики со студентами факультета агрохимии и почвоведения в Ленинградском ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственном институте.

СОДЕРЖАНИЕ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕТНЕЙ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ

Основу летней учебной практики по агрохимии составляет закладка и проведение вегетационных и полевых опытов с удобрениями, овладение методами листовой диагностики и агрохимического картирования, выполняемых студентами под руководством преподавателя.

Группа студентов разбивается на бригады по 3..4 человека, из числа которых преподаватель назначает ответственного.

Каждая бригада выбирает одну из тем по изучению различных видов и форм, доз и сроков внесения удобрений в вегетационном и полевом опыте.

Согласно составленному плану исследований студенты разрабатывают схемы опыта.

Схема опыта и план ее выполнения утверждаются преподавателем.

Студенты самостоятельно выполняют работы, проводят наблюдения и оформляют полевой журнал. Каждая бригада выполняет задания преподавателя по листовой диагностике.

Проведение агрохимического картирования осуществляется студентами бригадным способом (по 3..4 чел.) и заканчивается сдачей преподавателю агрохимических картограмм и очерка на определенную часть территории учхоза (колхоза, совхоза).

Обязательным является и ознакомление студентов с работой агрохимического центра (особенно с хранением, смешиванием удобрений и их внесением).

Тема и место экскурсий (ОАЛ, ЦИНАО или зональный НИИСХ, завод по производству минеральных удобрений, торфопредприятие) определяются возможностями вуза. Руководство студентами осуществляет преподаватель, а обеспечение всем необходимым — лаборант.

Время прохождения летней практики по агрохимии должно совпадать с оптимальными сроками выполнения полевых работ для зоны.

На летнюю практику по агрохимии учебным планом отводится в Ленинградском сельскохозяйственном институте для студентов факультета агрохимии и почвоведения 18 дней.

Две трети выделяемого времени приходится на период весенних полевых работ (май); 1...3 дня — на период вегетации растений (июнь, июль) и оставшиеся дни — на период массовой уборки сельскохозяйственных культур (август). Экскурсии предусматриваются в мае или августе.

При этом следует исходить из того положения, что даже ориентировочные экспериментальные данные студентов, полученные в конкретных почвенно-климатических условиях, более ценны, чем усредненные данные многочисленных опытов с обширной территории. Это позволяет научить студентов анализировать результаты своих опытов и сравнивать их с аналогичными опытами в других регионах страны.

Интенсивное обеспечение колхозов и совхозов удобрениями дает возможность осуществления программирования урожая. Знакомство с методикой и техникой расчетов доз минеральных удобрений для получения запланированного урожая, проведение студентами опытов в каждой почвенно-климатической зоне позволит в дальнейшем шире внедрить эту новую форму научно-методического подхода к решению главной задачи сельскохозяйственного производства — надежного обеспечения страны продовольствием и сельскохозяйственным сырьем.

В период учебной практики в хозяйстве студенты знакомятся с системой применения удобрений, которая является составной частью ведения хозяйства и земледелия, представляет собой комплекс мероприятий, обеспечивающих использование всех видов удобрений и химических мелиорантов на пашне, сенокосах и пастбищах.

Раздел I

ВЕГЕТАЦИОННЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

ИСТОРИЯ ВЕГЕТАЦИОННОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ И РОЛЬ РУССКОЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ В РАЗВИТИИ ВЕГЕТАЦИОННОГО МЕТОДА

Экспериментальный метод исследований является основным в агрономической химии. В зависимости от условий проведения, продолжительности и задач различают полевые, вегетационные и лабораторные опыты.

Вегетационный опыт — это выращивание растений в стеклянных домиках, теплицах, оранжереях, климатических камерах и других сооружениях, в которых создаются определенные контролируемые условия для их произрастания.

Впервые вегетационный опыт был проведен бельгийским ученым Ван Гельмонтом в 1629 г. в Брюсселе, а первые попытки постановки вегетационных опытов относятся к середине XVIII столетия (Ш. Бонне, Ж. Буссенго, А. Догамель и др.).

Основателем вегетационного метода в области агрономической химии и физиологии растений является Ж. Буссенго.

Опубликованная в 1840 г. книга известного немецкого химика Ю. Либиха «Химия в приложении к земледелию и физиологии растений» послужила толчком для обширных экспериментальных исследований в области питания растений.

Одним из главнейших условий выполнения вегетационных опытов является выбор индифферентной среды, которая обеспечивает нормальный рост и развитие растений и позволяет изучить влияние на них отдельных факторов. В качестве таких сред для изучения питания растений были предложены вода и песок. Почти одновременно в конце 50-х годов XIX в. В. Кноп и Ю. Сакс разработали питательную смесь для нормального роста и развития растений в дистиллированной воде. Г. Гельригель в конце 60-х годов предложил питательную смесь для песка.

Во второй половине прошлого столетия (1860—1870 гг.) в Германии были проведены полевые опыты с удобрениями, в которых изучалось влияние видов, доз и форм на урожайность сельскохозяйственных культур. Эти полевые опыты

дали очень противоречивый материал. Разбираясь в причинах этих противоречий, П. Вагнер пришел к выводу, что при постановке опытов все факторы роста, за исключением одного (изучаемого), должны быть одинаковыми. Он предложил (начало 1879 г.) в опытах с почвой применять вегетационный метод, т. е. использовать почву в качестве индифферентной среды. Отличие опытов Вагнера от песчаных и водных культур заключалось в том, что он для изучения удобрений использовал не вполне бесплодную среду, какими были песок и вода, а применял среду, односторонне истощенную. Этот вегетационный метод нашел широкое распространение в изучении вопросов применения удобрений.

Заслугой нашей русской, советской агрохимии является выдвижение на первый план в изучении питания растений тесной взаимосвязи между обменом веществ и условиями питания растений. Это направление позволило по-новому подойти к сравнительному изучению питания различных культур, которые отличаются своими физиологическими особенностями, характером обмена веществ и отношением к условиям питания.

Д. И. Менделеев и К. А. Тимирязев положили начало в нашей стране систематическим научным исследованиям в области питания растений и применения удобрений с разработкой и использованием методики вегетационного метода.

Д. И. Менделееву принадлежала инициатива организации (в 1866 г.) опытов с минеральными удобрениями в различных почвенно-климатических зонах.

Одной из наиболее важных заслуг К. А. Тимирязева в деле развития агрохимических исследований в нашей стране является введение им вегетационного метода. В вегетационном методе К. А. Тимирязев видел одно из важнейших средств точного физиологического и агрохимического эксперимента.

Ученик и преемник К. А. Тимирязева — Д. Н. Прянишников всю свою творческую жизнь развивал физиологическое направление в агрохимии, противопоставляя его чисто химическому направлению. Одновременно с Д. Н. Прянишниковым работали два крупных почвовед-агрохимика — П. С. Коссович и его ученик К. К. Гедройц.

П. С. Коссович впервые (1897 г.) доказал в стерильных культурах (разновидность вегетационного метода) способность высших растений усваивать аммиачный азот без перехода его в нитратный, что усиливало значение теории

Д. Н. Прянишникова. А. Н. Энгельгардтом были начаты агрохимические исследования по использованию в качестве удобрения нашего отечественного фосфатного сырья, в том числе по применению фосфоритной муки на подзолистых почвах.

Основы методики вегетационных опытов заложены еще в XIX в. Ж. Буссенго, Г. Гельригелем, В. Кнопом, Ю. Саксом, П. Вагнером и др., которыми были разработаны важнейшие разновидности вегетационного метода. Большой вклад в методику вегетационного метода был сделан К. К. Гедройцем. В его работах было изучено влияние размеров вегетационных сосудов, свойств почвы и других условий на рост и развитие растений.

Опытная работа по изучению действия минеральных удобрений, сопровождаемая анализами почв, растений и удобрений, началась в нашей стране в начале 40-х годов прошлого столетия. Руководителем и идейным вдохновителем этих работ явился Д. И. Менделеев. Зачинателем и горячим пропагандистом вегетационного метода был К. А. Тимирязев. По его инициативе в России был построен в 1872 г. на территории бывшей Петровской сельскохозяйственной академии первый вегетационный домик, который до сих пор служит своему назначению в сельскохозяйственной академии, носящей его имя.

Особенно большую роль в распространении вегетационного метода исследования растений сыграл показ опытов в выстроенном под руководством Тимирязева в 1896 г. вегетационном домике на Всероссийской выставке в Нижнем Новгороде (ныне г. Горький). Научное наследие Д. И. Менделеева, А. Н. Энгельгардта и К. А. Тимирязева нашло полное развитие и воплощение в научной деятельности Д. Н. Прянишникова, П. С. Коссовича, К. К. Гедройца, И. С. Шулова, А. Н. Лебеядцева, Д. А. Сабинина и других выдающихся агрохимиков и физиологов растений. Труды этих ученых вегетационный метод исследования усовершенствовался и уточнялся в самых различных его модификациях.

Вегетационный метод дает возможность лучше использовать в исследованиях анализ. Вегетационному опыту принадлежит главная роль в агрохимических и физиологических исследованиях.

В настоящее время в связи с развитием гидропоники вегетационный метод приобретает еще большее самостоятельное значение.

Однако необходимо всегда помнить, что вегетационный опыт проводят в искусственной обстановке и с его помощью нельзя изучать явления, протекающие в типичных производственных условиях.

Применение вегетационного метода в изучении питания растений, сыгравшее историческую роль в развитии наших знаний в этой области, сохраняет важнейшее значение и в настоящее время. Выращивая растения в искусственной среде, мы имеем возможность строго контролировать условия питания, создавать различия между вариантами опыта. Изучение обмена веществ в растении вегетационным методом позволяет глубже исследовать роль отдельных элементов, их сочетаний и соотношений в жизни растения.

Вегетационный метод является необходимым звеном в изучении и теоретическом обосновании приемов повышения урожая и его качества.

ЗАДАЧИ ВЕГЕТАЦИОННОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ

Задачей вегетационного метода, по определению акад. Д. Н. Прянишникова, является «вскрытие существа процесса и выяснение значения отдельных факторов, прежде всего учет роли растения, почвы и удобрения в условиях, наиболее благоприятных для выявления этой роли».*

Кроме того, задача вегетационного метода заключается в изучении закономерностей питания, роста и развития растений в легко управляемых, строго сопоставимых условиях, позволяющих четко выделить действие отдельных факторов или различных сочетаний.

В агрохимии и физиологии растений большое значение имеют водные, песчаные и почвенные культуры, т. е. опыты с выращиванием растений в воде, кварцевом песке или почве.

Наиболее широко вегетационным методом пользуются в агрохимии и физиологии растений при изучении минерального и воздушного питания, водного и светового режимов, холодостойкости, засухоустойчивости, солеустойчивости, закономерностей роста и развития, а также плодородия почв, эффективности удобрений.

В последнее время в вегетационных опытах широко используются радиоактивные и стабильные изотопы. При помощи тяжелого изотопа кислорода ^{18}O доказано, что сол-

* Прянишников Д. Н. Избр. соч. — М., 1965, т. 1, с. 651.

нечная энергия тратится растением в первую очередь на разложение воды (на кислород и водород). Применяя тяжелый азот, радиоактивный углерод и радиоактивный фосфор, доказали, что уже в первые секунды после освещения растения в его зеленых листьях начинают синтезироваться сахара, органические кислоты, аминокислоты, белки и даже жиры. Много интересного дало и применение меченых фосфора, кальция, серы, калия и других элементов в исследовании процессов обмена между растением и почвой.

Вегетационный метод дает возможность лучше изучить требования растения к различным формам удобрений при оптимальных условиях, его способность использовать питательные вещества почвы и удобрительных материалов, точнее сравнить эффективность различных удобрений, позволяет учесть влияние различной влажности почвы и воздуха на растения, изучить транспирационный коэффициент и целый ряд других агрофизиологических вопросов, требующих расчленения явления на его части, иначе говоря, требующих глубокого анализа.

В вегетационном опыте растениям создается оптимальный фон, и эффект от удобрений при изучении их действия проявляется резче, заметнее, чем в полевых условиях. Вегетационные опыты с удобрениями представляют большую ценность, так как позволяют установить не только доступность растениям тех или иных питательных веществ на данной почве, но и изучить способность растений к использованию различных форм удобрений и влияние различных условий на их действие.

Однако существует ряд вопросов по действию удобрений, которые нельзя решить с помощью вегетационного метода исследований. К ним относятся: вопросы размещения удобрений в севообороте (система применения удобрений), изучение сочетания удобрения с другими агротехническими приемами, с системой обработки почвы, ухода за растениями и т. п., которые можно изучить только в полевых опытах.

Полевые опыты наиболее близки к природно-климатическим условиям зоны, но при этом не устраняется многофакторность. Это снижает воспроизводимость результатов исследования и точность количественной зависимости. Вегетационные опыты позволяют при хорошей воспроизводимости результатов установить связь между определенными факторами.

Существуют три принципиальных отличия вегетационного опыта от полевого в использовании элементов питания. Во-первых, в вегетационном опыте используются элементы питания только одного генетического слоя профиля почвы (в большинстве опытов). Во-вторых, выращивание растений в стеклянных домиках, теплицах, климатических камерах и других контролируемых помещениях способствует более интенсивной мобилизации элементов питания из почвы, чем в полевых опытах. В-третьих, сам процесс мобилизации элементов питания в вегетационном опыте отличается от такового в полевых условиях главным образом для азотистых соединений и в значительно меньшей степени в отношении фосфора и калия.

Поэтому вегетационный метод не может заменить полевые опыты, так как условия произрастания, уход, использование элементов питания в вегетационных опытах существенно отличаются от почвенно-климатических условий роста и развития растений в поле.

В зависимости от целей и задач исследования останавливаются на каком-то одном методе. Для комплексных агрохимических исследований необходимо сочетание полевых, вегетационных и лабораторных методов.

МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГРАММЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И СХЕМЫ ВЕГЕТАЦИОННОГО ОПЫТА

Успешное выполнение исследования зависит от правильного уяснения стоящей перед исследователем точно и правильно сформулированной задачи. Исходя из поставленных задач определяется проблема с ее темами, составляется программа исследований и схемы опытов.

Проблема в широком смысле сложный теоретический или практический вопрос, требующий изучения (разрешения).

Тема — это задание, положение, которое надо исследовать для разрешения проблемного вопроса. Тему, в свою очередь, можно разбить на подтемы, или разделы. Однако проблемы, темы и разделы могут расширяться или сужаться в зависимости от задач, масштаба и объема исследования.

После определения и уточнения темы приступают к составлению программы исследования. Программа должна быть достаточно полной, чтобы ответить на все поставленные заданием вопросы, и в то же время в ней не должно быть ничего лишнего, чтобы не увеличивать без надобности

намеченную работу. Поэтому программа должна быть хорошо и детально обдумана: намечены схемы опытов, перечислены соответствующие наблюдения.

Получение точных и ясных ответов на вопросы, решаемые вегетационным методом, зависит не только от аккуратности и правильного выполнения опытов, но в неменьшей степени и от формулировки темы опыта, разработки его целесообразной схемы.

Для этого необходимо точно знать исследуемые вопросы или приемы и количество вариантов в опыте.

Вариант — часть опыта, в котором проводится сравнение продуктивности растений, выращиваемых в одном или нескольких сосудах при неодинаковых условиях. Различие условий достигается изменением одного или нескольких факторов. Опыт состоит из набора отличающихся друг от друга конкретных условий выращивания растений — вариантов.

Схема опыта — это совокупность всех вариантов, которые входят в опыт и сравниваются между собой. Одни варианты включают изучаемые факторы, другие являются контрольными. В зависимости от программы опыта в качестве контрольных включается один или несколько вариантов.

Контрольным вариантом в агрохимических исследованиях может быть взят вариант без удобрения (чистый контроль), основное удобрение (фон), стандартное удобрение в нескольких дозах, обычный способ внесения удобрений и др. Для сравнения рекомендуется, наряду с основным, второй контрольный вариант. Обычно это тот фон, на который накладываются изучаемые факторы. От выбора и установления контрольного варианта зависит методически правильная постановка вегетационного опыта.

Для получения достоверных результатов обязательно неоднократное повторение схемы опыта в пространстве, т. е. наличие повторностей.

Повторность — число одинаковых вариантов, применяемых в опыте для устранения возможных случайных отклонений. В зависимости от изучаемых вопросов их может быть 3..8 и более.

При разработке и составлении программы работы и схемы опытов необходимо знать предшествующие исследования проблемы, чтобы не исследовать уже известное. Однако при новых обстоятельствах, условиях и взаимосвязях повторенное исследование расширяет и углубляет наши знания, а поэтому имеет большое значение для теоретических основ и производства сельского хозяйства.

При составлении схем вегетационных опытов необходимо, чтобы сравниваемые варианты различались только по одному признаку. Принцип единственного различия — тождество всех условий, кроме изучаемого, позволяет исключать влияние многофакторности. Схема опыта должна быть точной и обстоятельной, чтобы выяснить по возможности действительные зависимости между различными факторами роста растений. В схеме должен быть контрольный вариант, с которым можно было бы сравнивать все остальные варианты.

При проведении вегетационных опытов необходимо учитывать следующее. Для нормального роста и развития растений надо обеспечить их всеми элементами питания. Избыток некоторых элементов (марганца, алюминия, бора и др.) оказывает токсическое действие на растение. На практике чаще приходится сталкиваться с недостатком того или иного элемента питания в почве. Это явление оказывает отрицательное влияние на обмен веществ в растениях, что ведет к морфолого-биологическим изменениям стебля, листьев (размер, окраска, количество, отмирание ткани и др.).

К недостатку элементов питания в почве различные сельскохозяйственные культуры относятся по-разному. В зависимости от их биологических особенностей одни реагируют на это слабее, другие сильнее.

Для правильной постановки вегетационных опытов необходимо знать реакцию основных сельскохозяйственных культур на обеспеченность почвы макро- и микроэлементами, для чего можно использовать растения-индикаторы.

Растения-индикаторы — это растения, по изменению внешнего вида которых легко определить недостаток того или иного элемента питания в почве.

Для определения недостатка азота растениями-индикаторами являются картофель, капуста белокочанная, капуста цветная; недостатка фосфора — картофель, кукуруза, томат, турнепс, брюква; недостатка калия — картофель, свекла, фасоль, люцерна; недостатка магния и железа — картофель; недостатка бора — подсолнечник, лен, сахарная свекла; недостатка марганца — овес, свекла, картофель; недостатка меди — овес, пшеница, ячмень; недостатка цинка — кукуруза, фасоль, соя.

Недостаток элементов питания по внешним признакам проверяют и уточняют химическим анализом почвы и сока растений. Кроме того, следует помнить, что на азотные

удобрения лучше всего отзываются пшеница, овес, ячмень, картофель; на фосфорные — пшеница, ячмень, бобовые культуры; на калийные — ячмень, кормовые бобы; на известковые — кормовые бобы, горох, белокочанная капуста и др.

Ниже приводится несколько тем и схем вегетационных опытов.

Тема 1. Определение действия основных видов удобрений (NPK) на дерново-среднеподзолистой суглинистой почве. Восьмерная полная схема Жоржа Вилля (английская): 1) 0; 2) N; 3) P; 4) K; 5) NP; 6) NK; 7) PK; 8) NPK.

Сокращенная пятнерная схема Вагнера: 1) 0; 2) NP; 3) NK; 4) PK; 5) NPK.

Сокращенная четверная схема Митчерлиха: 1) NP; 2) NK; 3) PK; 4) NPK.

Тема 2. Отзывчивость овса на удобрения при выращивании на дерново-подзолистой почве.

Схема опыта: 1) 0; 2) N; 3) P; 4) K; 5) NPK.

Тема 3. Действие различных доз аммиачной селитры на урожай и качество зерна яровой пшеницы.

Схема опыта: 1) 0; 2) N_1PK ; 3) N_2PK ; 4) N_3PK .

Тема 4. Влияние различных доз суперфосфата на урожай гороха.

Схема опыта: 1) 0; 2) NP_1K ; 3) NP_2K ; 4) NP_3K ; 5) NP_4K .

Тема 5. Влияние повышенных доз калийных удобрений на урожай и крахмалистость клубней картофеля.

Схема опыта: 1) 0; 2) NPK_1 ; 3) NPK_2 ; 4) NPK_3 ; 5) NPK_4 .

Количество тем, а соответственно и схем опытов зависит от задач, поставленных в исследованиях. Кроме того, темой вегетационных опытов может быть изучение действия различных видов и форм простых удобрений, эффективности комплексных и смеси простых удобрений.

ВЕГЕТАЦИОННЫЕ СООРУЖЕНИЯ, ИХ УСТРОЙСТВО И ОСНАЩЕНИЕ

Для проведения вегетационных опытов различной модификации используют вегетационные домики, теплицы, сетчатые павильоны, установки искусственного климата, фитотроны и другие сооружения.

Вегетационные домики (теплицы) — наиболее известные и распространенные сооружения для проведения вегетационных опытов (рис. 1). Они бывают односкатными и двускатными. Каркас домика делают из дерева или железа и стекла. Деревянные перекрытия менее прочны, чем желез-

ные, но при тщательном подгоне всех конструкций обеспечивают лучшую защиту от дождя, так как замазка лучше держится на дереве. Кроме того, деревянные конструкции не нагреваются в летний период, что всегда бывает при железных конструкциях. Однако железный каркас вегетационного домика имеет ряд незаменимых преимуществ. Он прочен, затенение при нем минимальное; такой каркас может изготавливаться на заводах по утвержденному проекту.

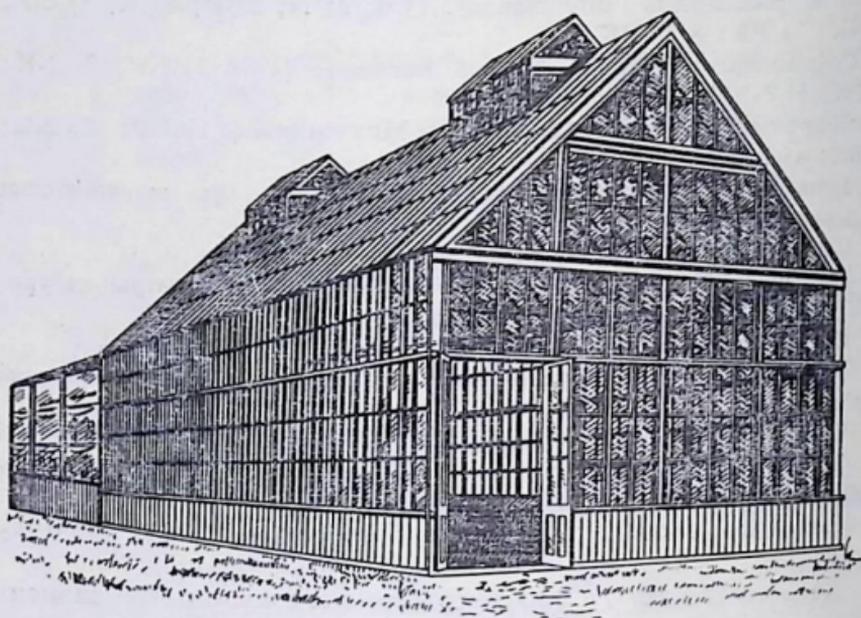


Рис. 1. Вегетационный домик (общий вид)

Рекомендуется все сооружения для проведения вегетационных опытов располагать вблизи института. Вместе с тем вегетационные домики должны стоять на открытом, не затененном пространстве (с юга, востока и запада вблизи не должно быть строений). Северная сторона может быть закрытой, может примыкать к подсобным помещениям для хранения сосудов, песка, поддонов и т. п.

Вегетационные домики имеют стеклянную крышу, которая предохраняет растения от дождя, но обеспечивает их нормальным освещением. В целях защиты растений от сильных ветров и косога дождя приходится прибегать к устройству боковых застекленных стен. В таких сооружениях плохая вентиляция, повышенные влажность и температура воздуха. Поэтому необходимо вегетационный домик обеспе-

чить вентиляционными приспособлениями (жалюзи внизу и форточки на крыше).

Вегетационные домики устраиваются или закрытыми со всех сторон, или же с одной стороны они остаются незащищенными, а крыша продолжается в виде навеса.

В настоящее время для покрытия вегетационных домиков, теплиц используется полимерная пленка.

Вегетационные домики оборудуются стеллажами для размещения сосудов, водопроводом для мытья сосудов, перегонным кубом для получения дистиллированной воды, грохотом, помещением для хранения сосудов и другого инвентаря, техническими весами, сосудами, эмалированными тазами и другим инвентарем.

Необходимо проводить ежегодный осмотр вегетационного домика перед закладкой опытов для устранения неполадок. Стеллажи ежегодно красят светлой краской.

Сетчатый павильон защищает растения от птиц и повреждений. Для каркаса павильона используются водопроводные и газопроводные трубы, железные угольники, на которые натягивается металлическая сетка с размером ячеек $1,5 \times 1,5$ или $2,0 \times 2,0$ см. Сетка с большим размером ячеек будет плохо защищать растения от птиц, а мелкоячеистая — снижает освещенность растений.

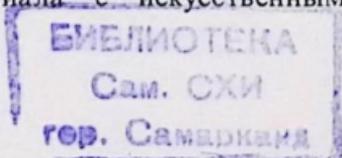
Сетчатый павильон также оборудуют стеллажами. Условия выращивания растений под сеткой приближаются к естественным (световой и температурный режим). Растения используют естественные осадки и не нуждаются в ежедневном поливе. При сильных дождях и обилии воды в сосудах избыточная влага стекает в поддонники, в большинстве случаев не оказывая влияния на конечный результат опытов.

Подготовка сетчатого павильона к закладке вегетационных опытов заключается в очистке и окраске сетки, ремонте и окраске стеллажей и набивке сосудов субстратом.

Регулирование внешней среды в экспериментальной работе с растениями можно осуществить различными способами.

Для различных целей и задач биологических исследований используют разнообразные установки искусственного климата.

Вегетационные шкафы — более или менее закрытые помещения небольшого размера, пригодные для выращивания зеленых растений. Доступ к растениям осуществляется только снаружи. Шкафы могут быть из непрозрачного материала с искусственным освещением (шкафы



искусственного света), или пропускающие дневной свет (шкафы естественного света), или миниатюрные теплички с добавочным искусственным освещением или без него.

Терморегулируемые камеры — достаточно большие помещения, в которых регулируется температура и влажность; интенсивность света в них относительно низка. Они непригодны для длительного выращивания растений, поэтому их называют терморегулируемыми, а не вегетационными камерами.

Вегетационные камеры — помещения, в которых отсутствует естественное освещение, но они обеспечены искусственным светом в количестве, достаточном для нормального роста зеленых растений в течение длительного периода времени. Вегетационные камеры могут быть с внутренним и внешним освещением.

Фитотроны — сложные лаборатории искусственного климата, состоящие из ряда вегетационных и терморегулируемых камер, а также теплиц. В фитотроне растения можно свободно перемещать из одних условий в другие. В них регулируется большинство наиболее важных факторов внешней среды, включая влажность воздуха. Термин «фитотрон» впервые был применен к Эрхартовской лаборатории искусственного климата (США, Калифорния).

Вегетационные опыты проводятся в сосудах, которые изготавливаются из стекла, оцинкованного или простого железа, полиэтилена, глины. Применяются также эмалированные сосуды.

Стеклянные сосуды чаще всего используются при закладке опытов с водной, стерильной и разделенной (изолированное питание) культурой. Наиболее употребительны стеклянные сосуды размером 15 × 20 см; 20 × 20 см; 25 × 20 см; 30 × 25 см (первая цифра указывает диаметр сосуда, вторая — его высоту).

Наиболее удобны и практичны металлические сосуды, покрытые эмалевой краской, так называемые эмалированные сосуды (рис. 2, а), а также металлические сосуды Вагнера, Митчерлиха и Кирсанова. Вегетационные сосуды для опытов с разделенной культурой, или изолированного питания, несколько отличаются от вышеназванных (рис. 2, д).

Сосуды Митчерлиха, Кирсанова и др. состоят из собственно сосуда, дренажа и поддона, в который стекает избыток воды (особенно после выпадения осадков).

Размер сосуда для почвенных культур должен соответствовать биологическим особенностям опытного растения.

обеспечивать нормальное развитие его корневой системы.

Для зерновых, льна, гороха, гречихи и других культур наиболее удобны 15×20 см или 20×20 см, для растений с глубоко растущей корневой системой предпочтительнее сосуды 15×30 см или 20×35 см. Для картофеля, корнеплодов, кукурузы и других культур необходимы сосуды 25×30 см или 30×35 см.

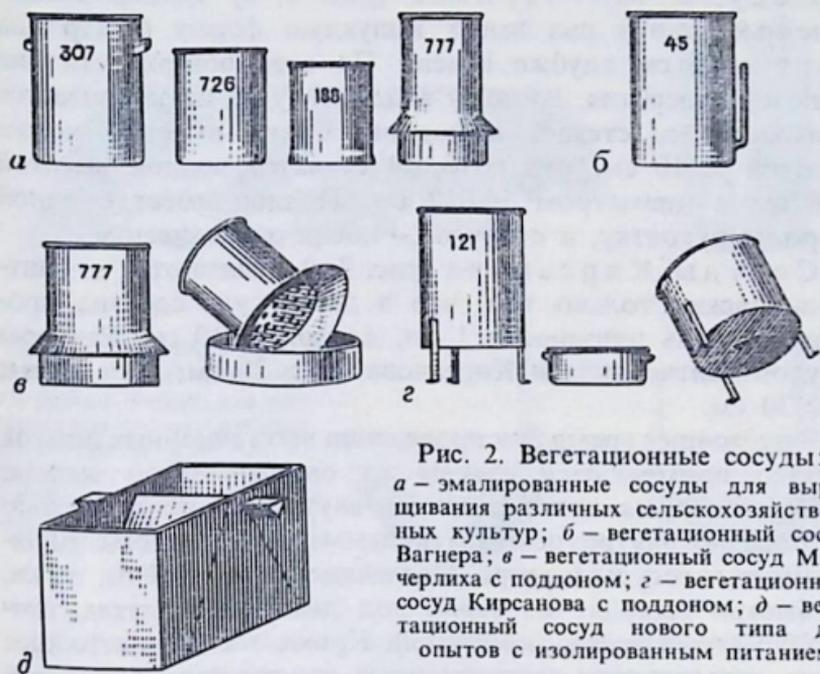


Рис. 2. Вегетационные сосуды:

а — эмалированные сосуды для выращивания различных сельскохозяйственных культур; *б* — вегетационный сосуд Вагнера; *в* — вегетационный сосуд Митчерлиха с поддоном; *г* — вегетационный сосуд Кирсанова с поддоном; *д* — вегетационный сосуд нового типа для опытов с изолированным питанием

Количество субстрата (песок, почва и т. п.) для зерновых, льна и культур сплошного сева 5...7 кг, картофеля, свеклы, капусты и других пропашных 12...30 кг и более.

Сосуды Вагнера (рис. 2, *б*) представляют собой металлические цилиндры с несколько выпуклым дном на трех прочных ножках из полосового железа (шириной 2...3 см и высотой 4...5 см), верхний край их имеет поясok (шириной 1,5 см) для увеличения прочности и для крепления трех ушек, в которые в период вегетации вставляются тонкие железные прутья для подвязки растений. Растениям не дает падать натянутый на эти три прута шпагат или железные кольца, которые надеваются на них, образуя каркас. Сбоку к сосуду припаивается трубка диаметром 2 см, длиной 12 см, которая снизу сообщается при помощи круглого отверстия с дном сосуда и которая служит для

наливания воды при поливе растений в сосудах. При набивке сосуда почвой или песком отверстие закрывается железным желобом (дренаж) с зазубренными краями, или гребешком (рис. 3).

Вагнеровские сосуды не имеют поддонов. Обычно в этих сосудах растения выращивают непосредственно в вегетационном домике.

Сосуды Митчерлиха (рис. 2, в) эмалированные железные, дно у них имеет выпуклую форму (центр дна лежит на 1 см глубже краев). По всей поверхности дна имеются отверстия, поэтому вода в сосудах не застаивается и излишек ее стекает в поддон. Сосуд имеет 3 ножки высотой 9...10 см, под который ставится поддон высотой 7...8 см и диаметром 16...17 см. Поддон имеет с одной стороны рукоятку, а с другой — носик для сливания.

Сосуды Кирсанова (рис. 2, г) отличаются от митчерлиховских только тем, что в дне сосуда сделана продольная щель шириной в 1 см, длиной 8...10 см. Размеры сосудов Митчерлиха и Кирсанова: 20 × 20 см; 30 × 25 см; 35 × 30 см.

В настоящее время при проведении вегетационных опытов широко применяются сосуды из оцинкованного железа, глиняные сосуды с глазурованной внутренней поверхностью (их полезно внутри покрывать даммаровым лаком), полиэтиленовые сосуды и ведра. Последние очень удобны, легки, но быстро выходят из строя под действием низких температур (трескаются, ломаются). Кроме того, в настоящее время применяются вегетационные сосуды с регулируемой температурой в ризосфере. Сосуд с почвой и корнями растения погружается в другой (внешний) сосуд большего размера, иногда с двойными стенками. Между сосудами или между стенками внешнего сосуда циркулирует жидкость, имеющая нужную температуру.

Дренаж в сосудах необходим для создания свободного пространства для вливаемой воды, откуда она могла бы всасываться почвой или песком и поступать к растениям. В качестве дренажа может быть использован гравий (диаметром 3...4 см), битое стекло (слой 3...4 см), керамзит, крупная щебенка, специально изготовленный железный гребешок.

Гравий, керамзит, стекло насыпаются в виде горки под углом примерно 30° (рис. 3, б), которая должна занимать не более $\frac{2}{3}$ площади дна сосуда. Это необходимо для того, чтобы вода могла впитываться непосредственно песком

или почвой, что невозможно, если гравий покрывает все дно сосуда. В горку гравия вставляется стеклянная трубочка (до дна сосуда) диаметром 1,2...1,7 см и выше сосуда на 3...5 см. После этого сверху на гравий кладется марля, полотно, вата, чтобы свободные промежутки между частями гравия не заполнялись песком или почвой. В противном случае роль гравия как дренажа сводится к нулю.



Рис. 3. Виды дренажа для вегетационных сосудов: а — дренаж (желоб) для вегетационных сосудов Кирсанова; б — дренаж в вегетационных сосудах для почвенных и песчаных культур; в — дренаж в вегетационных сосудах для песчаных и почвенных культур

Количество битого стекла должно составлять 200...350 г, чтобы не приходилось ждать полного впитывания воды при поливе.

В металлических сосудах роль дренажа выполняет желоб из оцинкованного железа с пилообразно вырезанными краями, который кладется на дно сосуда, образуя своими краями канал, где собирается вливаемая вода (рис. 3). Длина желоба 19,5 см и высота 3 см. Из желоба благодаря зазубренным краям вода может распределяться по всему дну. Для того же чтобы почва или песок не попадали внутрь желоба, необходимо снаружи его по обе стороны положить слой гравия, который будет прикрывать отверстия, образованные зазубринами.

В качестве дренажа может быть использован также фарфоровый или металлический полуконус или усеченный конус узким отверстием вниз (рис. 3). В пустом кольцеобразном пространстве, которое остается между дном, стенками сосуда и полуконуса, собирается вода. Чтобы она

поступала вверх, внутрь полуконуса насыпается плотным слоем песок, который не будет просыпаться, если полуконус изнутри закрыть полотном или марлей в несколько слоев. Песок будет соприкасаться с дном сосуда и впитывать воду, которая вливается через трубку.

МОДИФИКАЦИИ ВЕГЕТАЦИОННОГО МЕТОДА

Объектами изучения вегетационного метода являются почва, растения и удобрения. В зависимости от темы научного исследования, среды, в которой выращивают растения, вегетационный метод применяют в следующих модификациях: 1) почвенные культуры; 2) песчаные культуры; 3) водные культуры; 4) разделенные культуры (метод изолированного питания); 5) стерильные культуры; 6) гидропоника; 7) агрегатопоника; 8) аэропоника; 9) плаstopоника.

В почвенной культуре средой является почва; в водной — вода; в песчаной — песок; в стерильной — вода, песок; в разделенных культурах — вода, песок; вода — песок, вода — почва, песок — почва.

Наиболее распространенной разновидностью вегетационного метода являются почвенные культуры. Поэтому подробнее, чем на других разновидностях, остановимся на порядке и технике закладки опытов с почвенными культурами.

Почвенные культуры наиболее распространены в агрохимических исследованиях. Это наиболее простая модификация вегетационного метода, когда растения выращиваются в сосудах с почвой, что приближает условия их питания к естественным (полевым). Этот метод применяют для изучения взаимодействия удобрений и почвы, почвы и растений, а также для изучения свойств почв и удобрений. Сама почва в данном методе также может быть и объектом исследования (тип, структура, механический состав и т. п.).

Существенный недостаток вегетационного метода с почвенной культурой — ограниченность объема почвы, в которой выращивают растения. Поэтому корневая система в сосудах располагается более скученно, чем в полевых условиях. Небольшое количество почвы в вегетационных сосудах — причина того, что выращиваемые в них растения значительно сильнее отзываются на недостаток того или иного элемента, чем растения, выращиваемые в полевых условиях. Поэтому полученные вегетационным методом данные о потребности в удобрениях нередко оказываются завышенными.

Другой существенный недостаток вегетационного метода — разрушение естественного сложения почвенной структуры при просушивании и просивании почвы перед набивкой в сосуды. Поэтому получаемые вегетационным методом результаты следует рассматривать как предварительные и очень осторожно переносить их на полевые условия.

В нашей стране благодаря работам академика Д. Н. Прянишникова и его учеников К. К. Гедройца, Н. А. Максимова, Д. А. Сабина, А. В. Соколова, А. В. Петербургского были достигнуты крупные успехи в области теории питания растений, а также существенно усовершенствована техника выращивания растений без почвы.

Разработка техники применения метода песчаных культур и широкое использование его в практике агрохимических исследований принадлежит Гельригелю. Песчаные культуры — широко распространенный метод выращивания растений в агрохимических исследованиях по изучению питания.

При постановке опытов с песчаными культурами изучают влияние отдельных элементов и их форм в питании растений, действие корневых выделений растений на труднодоступные для растений соединения, способность бобовых растений усваивать азот воздуха и т. п.

Простейший метод песчаных культур — выращивание проростков по методу Нейбауэра в чашках Петри, Коха, в кристаллизаторах на 100...200 г песка.

Водные культуры — это метод выращивания растений на жидкой питательной среде. Водные культуры позволяют наиболее строго регулировать состав, концентрацию, осмотическое давление, реакцию (рН) и другие свойства питательного раствора. В водных культурах можно легко наблюдать за ростом корневой системы растений и периодически менять питательный раствор.

Водные культуры широко используют для изучения корневого питания растений в контролируемых условиях; для установления элементов питания, необходимых для нормального роста и развития растений и их соотношения; для выявления роли отдельных элементов; влияния концентрации питательного раствора на рост и развитие растений в различные периоды; для изучения развития корневой системы у растений при различных условиях питания; влияния реакции и буферности среды на рост и развитие растений; различного уровня питания в разные периоды роста растений.

Разделенные, или изолированные, культуры используют при изучении значения отдельных корней в питании растений, передвижения элементов питания по корневой системе, выделения питательных веществ корнями в окружающую среду. Метод изолированной культуры, или изолированного питания, применяется при изучении взаимо-

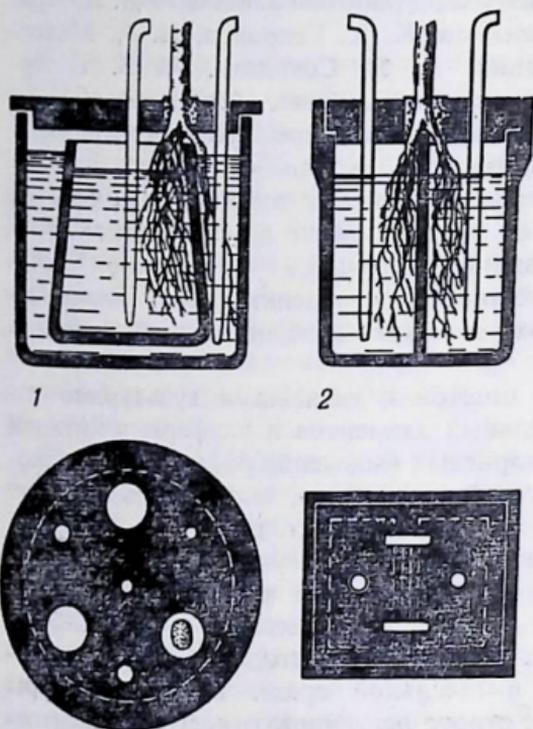


Рис. 4. Вегетационные сосуды для опытов с разделением корней:
1 — размещение по Цинцадзе; 2 — по Демолону и Бастису

действия двух или нескольких питательных солей и влияния взаимодействия этих солей на рост и развитие растений.

Метод разделенной культуры (метод «всадника») может быть водным, песчаным, водно-песчаным, водно-почвенным и песчано-почвенным. Растения помещают на ребро стеклянного вегетационного сосуда, вставленного в другой сосуд большего размера (рис. 4). Корни проростков при их посадке разделяют на две части, из которых одна направляется во внутренний сосуд, а другая — в наружный.

Особо важную роль эта разновидность вегетационного опыта играет при изучении влияния внешних условий (температуры, аэрации, рН и др.) на поглощение элементов питания (рис. 5, 6). Для выращивания растений методом

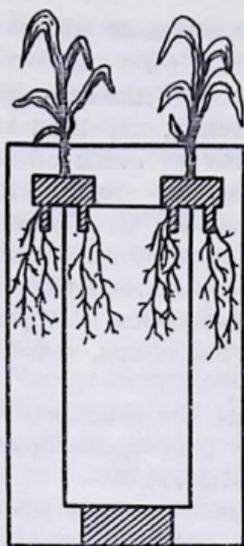


Рис. 5. Вегетационный метод изолированного питания (схема)

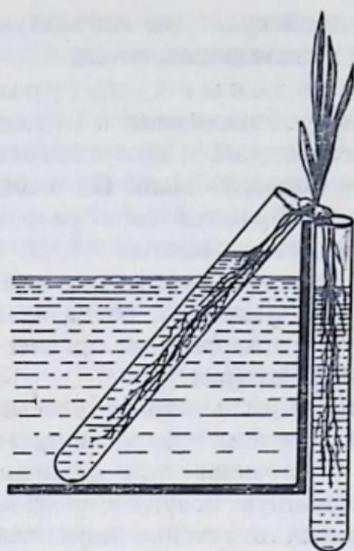


Рис. 6. Способ изолированных температур (по Дадькину); корни находятся при различной температуре

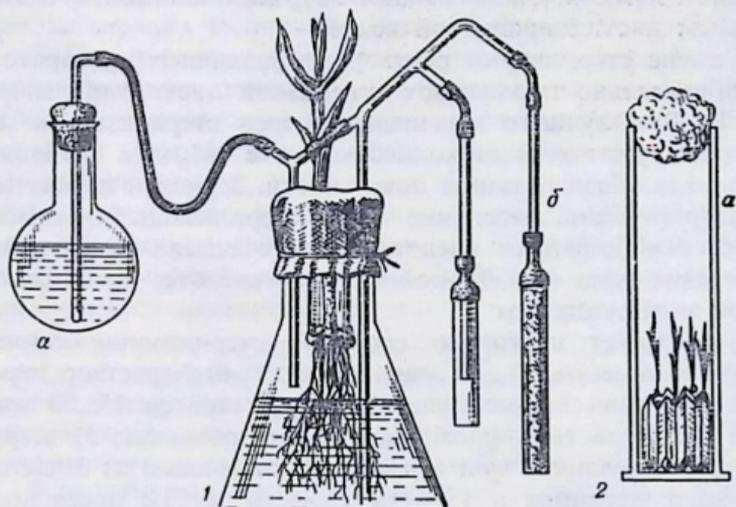


Рис. 7. Стерильная культура: 1 — вид культурального сосуда (*a* — запас питательного раствора, *b* — приспособление для аэрации и отбора проб); 2 — упрощенный способ для проростков (*a* — складчатый фильтр)

разделенной культуры используются нормальные или измененные питательные смеси.

Стерильные культуры используют для выяснения роли микроорганизмов в питании растений, изучения корневых выделений и возможности питания растений органическими соединениями. Из многих вариантов этого метода наиболее оправдал себя разработанный И. С. Шуловым и усовершенствованный М. В. Федоровым метод стерильных водных культур, обеспечивающих нормальное развитие растений в условиях, когда их корни находятся в стерильной среде, а надземные органы — вне этой среды, т. е. растут свободно (рис. 7).

Стерильность корнеобитаемой среды достигается обработкой сосудов, посуды и питательных растворов горячим паром в автоклаве при давлении в 1...1,5 кгс/см².

Стеклянную посуду и песок можно сделать стерильными, прокаливая в течение двух часов при температуре 150°C. Питательные растворы иногда нагревают до 100°C, несколько дней хранят при комнатной температуре и снова нагревают, достаточно трехкратная обработка. Сосуды из полиэтилена, перлоновую марлю, пенопласты и другие не выдерживающие нагревания материалы, которые используются для монтажа стерильных культур, погружают на 20 ч в раствор хлорной извести, ополаскивают 50%-ным метанолом и стерильной дистиллированной водой.

Семена стерилизуют растворами различных препаратов, но обязательно промывают стерильной дистиллированной водой. Для лучшего смачивания перед стерилизацией семена погружают на несколько минут в 96%-ный этиловый спирт для обезжиривания поверхности. Зерновки пленчатых культур (ячмень, овес, рис) перед стерилизацией рекомендуется освободить от пленок, для чего семена намачивают в течение часа в 30%-ной серной кислоте, промывают водой и высушивают.

Существует несколько способов стерилизации семян: 1) помещение на 12...15 мин в 12...15%-ный раствор перекиси водорода и промывка; 2) погружение на 15...20 мин в 0,1%-ный раствор формальдегида и промывка; 3) встряхивание в течение 5 мин в растворе, состоящем из 3 частей 90%-ного метанола и 1 части 1%-ного HgCl₂, посев проводят после подсушивания; 4) встряхивание в фильтрате в течение 45 мин и посев в сосуды без прополаскивания и высушивания (фильтрат готовят, растворяя 10 г Ca(OCl)₂ или NaOCl в 150 мл воды, затем фильтруют).

После завершения опытов со стерильной культурой необходимо проверить стерильность растворов путем микробиологических тестов.

Гидропоника, агрегатопоника и аэропоника — разновидности вегетационного метода. Растения выращивают в сосудах и траншеях на субстрате (керамзит, гравий, гранитная щебенка, вермикулит, перлит, верховой сфагновый торф, опилки, мипласт, поровинил), который периодически увлажняют питательным раствором, обычно 1—3 раза в сутки в зависимости от расхода на транспирацию.

Чтобы обеспечить нормальный рост и развитие растений, субстрат должен обладать определенными свойствами. Во-первых, он не должен содержать каких-либо ядовитых для растений веществ, быть относительно химически инертным и нейтральным, чтобы не изменять химических и физико-химических свойств питательного раствора. Во-вторых, субстрат должен обладать водоудерживающей способностью и быть хорошо аэрируемым (измельченные вермикулит, перлит и керамзит обладают высокой водоудерживающей способностью, а морской гравий и гранитный щебень — низкой). В-третьих, субстрат должен быть достаточно прочным. Вермикулит, перлит непрочны и со временем крошатся, вследствие чего уменьшается размер частиц и ухудшается аэрация корневой системы растений.

Субстрат полностью заливают питательным раствором, который затем сливают; промежутки между частицами субстрата заполняются воздухом. Растения хорошо обеспечиваются влагой, имеют отличную аэрацию и субстрат для закрепления.

Гидропоника — выращивание растений без почвы на искусственных средах. При этом корневая система растений развивается на твердых субстратах (не имеющих питательного значения), в воде.

В 1929 г. У. Герике (США) сообщил о продолжительных опытах в открытом грунте, которые имели целью внедрение водной культуры для выращивания растений в промышленных масштабах. Он ввел понятие «гидропоника» по аналогии с понятием «геопоника» (выращивание растений на почве).

В то время как Герике проводил свои эксперименты, в СССР под руководством Д. Н. Прянишникова уже выращивались растения в промышленных масштабах гидропонным методом.

Термин «гидропоника» можно с полным правом отнести лишь к водной культуре. Однако выращивание растений

на гранулированных средах, периодически увлажняемых питательным раствором, и на почвенно-керамзитовых смесях стоит ближе к обычной почвенной культуре, чем к водной. Ведь в обычных почвах тоже циркулируют почвенные растворы, весьма близкие по химическому составу к применяемым искусственным питательным растворам.

В связи с выносом отдельных элементов (ионов питания, особенно азота в виде NO_3) питательная смесь подщелачивается. Регулирование рН проводят каждые 3 дня азотной или фосфорной кислотой. Один раз в 6...7 дней проводят агрохимический анализ смеси на содержание основных макроэлементов.

Сущность агрегатопоники заключается в том, что растения выращиваются на гранулированных корнеобитаемых средах, в которые периодически вводится питательный раствор.

Агрегатопоника включает в себя следующие способы: органокультуры, или выращивание растений на естественных органических субстратах (торф, опилки, мох); литокультуры — выращивание растений на твердых минеральных или пластмассовых субстратах, и аэрогидролитовые культуры, сочетающие положительные свойства всех трех методов культуры растений без почвы. Сюда же относится и фитильная культура — выращивание растений на тонких гидрофильных пленках, увлажняемых за счет капиллярного поднятия в них воды и раствора.

Сущность метода аэропоники состоит в том, что растения выращиваются на небольшом объеме гранулированного субстрата, размещенного в стакане с перфорированными стенками, а корни растений проходят через отверстия и свободно свисают в светозащищенном резервуаре. Периодически сверху и снизу субстрат и корни увлажняют питательным раствором. Этот метод включает агрегатные и аэрозольные культуры, куда нужно отнести и разновидности воздушной культуры. В аэрозольной культуре корневая система размещается без всякой опоры в герметизированном сосуде, куда подается питательный раствор в виде аэрозоля. Аэропоника используется в основном при изучении газового режима корней.

Пластопоника — выращивание растений с помощью гидрофильного, физиологически нейтрального пенопласта, содержащего питательные соли и микроэлементы или способного впитывать их. Пенопласты применяются также в геопонике и гидропонике.

Эти методы имеют следующие недостатки: 1) трудность поддержания необходимых рН и концентрации солей; 2) непрерывное загрязнение раствора корневыми выделениями и продуктами разложения части корней; 3) необходимость полного обновления питательных растворов каждые 2...4 нед.

В следующем разделе приводится порядок и техника закладки наиболее распространенных в физиолого-агрохимических исследованиях опытов с почвенной, песчаной и водной культурами.

ПОРЯДОК И ТЕХНИКА ЗАКЛАДКИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ОПЫТА

Почвенные культуры

Закладка вегетационных опытов с почвенной культурой производится в такой последовательности: 1) подготовка вегетационных сооружений и сосудов к закладке опытов; 2) тарирование сосудов; 3) подготовка семян, почвы, удобрений; 4) подготовка дренажа, фильтровальной бумаги, марли; 5) набивка сосудов; 6) посев; 7) полив, уход за растениями. Затем проводятся фенологические наблюдения и биометрические измерения в течение вегетационного периода; 8) уборка, обмолот и учет урожая; 9) отбор почвенных и растительных образцов; 10) оформление (документация) опыта и составление отчетов.

Подготовка вегетационных сооружений. Прежде чем приступить к закладке вегетационных опытов, необходимо подготовить вегетационный домик, теплицу, сетчатый павильон и окружающую их территорию.

Все помещения тщательно очищают от прошлогодних остатков растений, почвы и т. п., выносят сосуды, если они были оставлены там на зимнее хранение. Все стеллажи вегетационного домика, сетчатого павильона тщательно моют и высушивают. После этого их красят светлой масляной краской и нумеруют.

Подготовка сосудов и дренажа. Сосуды всех видов (независимо от предполагаемых опытов) разбирают и тщательно осматривают. Непригодные к использованию убирают с территории вегетационных сооружений.

Все оставшиеся сосуды моют внутри и снаружи водопроводной водой и расставляют на просушку. После этого на внутреннюю поверхность металлических сосудов наносится слой эмалевой краски, после просушки — слой дамма-

рового лака. Лакировку сосудов проводят в тканевых и резиновых перчатках мягкой тряпочкой или марлей, но не кисточкой. Лак на внутреннюю поверхность сосуда наносится равномерно без подтеков. Покраску лаком проводят перед каждой набивкой сосудов даже в течение одного вегетационного периода. Снаружи сосуды красят белой масляной краской.

Сосуды тщательно высушивают, тарируют (подбирают по весу и размерам), проставляют на них номера лаком или черной краской.

Тарирование сосудов заключается в подборе по высоте и доведении их до одинакового веса. Уравновешивают сосуды битым стеклом, галькой, тщательным подбором дренажа. По весу сосуды одного опыта не должны отличаться более чем на 100 г. По высоте и диаметру сосуды для опыта не должны отличаться более чем на 0,5 см.

Подобным же образом готовят к закладке вегетационных опытов и поддоны для сосудов. Производится точный учет сосудов по видам, чтобы можно было заранее спланировать вегетационные опыты, их схему и число повторностей.

После этого (или параллельно) подготавливают дренаж. Если в качестве дренажа используются металлические гребешки, то подготовка их аналогична подготовке сосудов, т. е. их тщательно отбирают, моют и сушат. Затем покрывают краской, лакируют и оставляют для просушки.

При использовании в качестве дренажа битого стекла и гальки их тщательно очищают от примесей, выдерживая в течение нескольких дней в стеклянных сосудах с крепкими кислотами (серной, соляной или азотной) или дихромовокислым калием. Затем промывают водопроводной водой для полного удаления кислоты. Ополаскивают дистиллированной водой и высушивают на солнце или в сушильном шкафу.

Подготовка почвы. Для закладки вегетационного опыта берут почву, типичную для зоны. Необходимо точно знать тип и разновидность почвы, историю участка, с которого заготавливалась почва, указать, откуда она взята. Особое внимание следует обратить на предшествующую ее удобренность.

Обычно почву заготавливают с поля на глубину пахотного слоя в то время, когда почва не мажется (среднеувлажненное состояние). Но соответственно задаче опыта может быть взят любой горизонт почвенного профиля.

Общее количество почвы зависит от числа и емкости сосудов. К этому количеству прибавляется на различные потери не менее 25% сверх вычисленного. Если почва очень влажная, то ее берут на 30...40% больше потребного количества.

Время заготовки почвы в поле зависит от цели вегетационных опытов. Так, при постановке опытов с азотными удобрениями желательно брать почву ранней весной, в то же время для опытов с фосфатами можно брать почву с паровых полей (участков) и заготавливать ее летом для будущего года.

Нельзя заготавливать почву на делянках, где внесены минеральные или органические удобрения.

Почву привозят к вегетационному домику на предварительно выровненную, очищенную площадку навалом на машине или на тракторной тележке. На дне кузова расстилается брезент. Кроме того, почву перевозят в чистых мешках (бумажных и рогожных) и деревянных ящиках.

Доставку, хранение и подготовку почвы надо выполнить так, чтобы почва не успела высохнуть, так как высыхание приводит к повышению в ней количества легкоусвояемых веществ, особенно азотистых и фосфорных. Привезенную почву очень тщательно перемешивают, чтобы создать однородную по составу и свойствам среду, удаляют камни, корни, пожнивные остатки, пропуская через сито, или грохот, с отверстиями 2...3 см. Лучше использовать проволочное сито, так как производительность его больше. Сито укрепляют над брезентом или полиэтиленовой пленкой и лопатами постепенно подают почву на верхнюю часть, чтобы небольшие комочки разбивались и просеивались через сито. В этом случае будет наименьший отход почвы. По мере накопления различных включений в нижней части сита их отбрасывают в сторону. Наклон сита должен быть не менее 45°. Просеянную почву сразу используют для набивки сосудов или хранят в ящиках.

Удобрения. В вегетационных опытах с почвенной культурой при изучении влияний различных удобрений (азотные, фосфорные, калийные, известковые и т. п.) необходимо создавать сравнительно высокий фон других макроэлементов, кроме изучаемого, чтобы избежать возможности ограничивающего влияния их на урожай и качество продукции растений.

В вегетационных опытах могут быть использованы как готовые минеральные удобрения, так и химические соли

различной степени очистки. Удобрения могут быть внесены в виде порошков, гранул и в виде раствора.

Величина дозы зависит от задачи опыта, культуры и размера сосудов (табл. 1).

На сосуд с 5...8 кг почвы вносят: N — 0,35...0,75 г, P₂O₅ — 0,30...0,50 г и K₂O — 0,30...0,50 г. Использование удвоенных доз ведет к дальнейшему повышению урожая.

Эти дозы значительно выше средних доз удобрений, применяемых в полевых опытах и хозяйствах. Условно

Таблица 1. Дозы удобрений в вегетационных опытах с почвенными культурами, г/кг почвы

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зерновые	0,15	0,10	0,10
Бобовые	0,10...0,15	0,10...0,15	0,10...0,15
Картофель	0,12	0,20	0,28
Сахарная свекла	0,15	0,22	0,22
Капуста	0,15...0,20	0,20...0,25	0,20...0,25
Томаты	0,10...0,15	0,15...0,20	0,20...0,30
Огурцы	0,15...0,20	0,15...0,20	0,20...0,25
Свекла столовая	0,15...0,20	0,20...0,25	0,20...0,25
Морковь	0,15...0,20	0,20...0,25	0,20...0,25
Лук	0,10...0,15	0,10...0,15	0,15...0,20

можно сделать такой пересчет: при диаметре сосуда 20 см площадь его равна 314 см² (при высоте сосуда 15,7 см), что в 300 000 раз меньше площади 1 га. Поэтому доза удобрения 0,5 г действующего вещества на сосуд соответствует 150 кг в полевых условиях (0,5 × 300 000 = 150 000 г, или 150 кг/га д. в.). Перед набивкой почвы в сосуды (за 1...2 дня) берут образцы почвы массой около 1 кг для определения гигроскопической влаги, влагоемкости, а также химического и механического анализов.

Порядок набивки сосудов. Набивка сосудов требует значительных усилий и опыта, и умение здесь достигается лишь при продолжительной работе. Необходимо соблюсти главное требование — создать во всех сосудах возможно более однородное сложение и плотность почвы.

На дно оттарированного и подготовленного сосуда аккуратно кладут кружок из марли или фильтровальной бумаги соответствующего диаметра. После этого аккуратно укладывают на дно дренаж, а поверх дренажа опять марлевый

кружок на 2...3 см шире диаметра сосуда. Этот кружок прижимается к стенкам и дну сосуда точно отвешенным (300...500 г) количеством увлажненного кварцевого песка (на 100 г песка 15 мл воды).

Стеклянную трубку для полива укрепляют в дренаже строго вертикально на расстоянии 1...1,5 см от стенки сосуда. После этого приступают к набивке сосудов. Количество почвы для сосуда устанавливается пробной набивкой.

Надо помнить, что набивка всех сосудов почвой должна заканчиваться в течение одного дня. Поэтому набивку проводят 3 человека: один взвешивает почву, другой вносит удобрения или растворы, третий тщательно перемешивает почву с удобрениями и набивает сосуды.

Почва отвешивается в пустом вегетационном сосуде, кастрюле или эмалированном ведре для каждого сосуда отдельно. После этого почву высыпают в эмалированный таз и тщательно перемешивают. При этом отбрасывают всевозможные механические примеси (корешки, камешки), насекомых, червей, проволочников. После этого в таз с почвой вносят удобрения (соли химически чистые или растворы). Почву снова тщательно перемешивают. Затем берут подготовленный сосуд и горстями насыпают в него почву, смешанную с удобрениями. По мере заполнения сосуда почвой производят равномерное уплотнение ее легким нажатием руки. Поверхность почвы в сосуде выравнивают, немного уплотняя деревянным или железным кружком. Уровень почвы не должен доходить на 1,5...2 см до края сосуда.

Посев. Чаще всего его проводят пророщенными (наклюнувшимися) семенами. Перед этим поверхность почвы выравнивают, при необходимости слегка увлажняют, стеклянной палочкой или специальным шаблоном намечают гнезда, в которые кладут семена. Заделка семян проводится предварительно выбранной из сосуда почвой на глубину от 0,5 до 2 см. Чем крупнее семена, тем глубже их заделка. После этого поверхность почвы засыпают кварцевым песком (около 200 г песка на сосуд). Кварцевый песок предохраняет от размывания поверхность почвы при поливке сверху, предотвращает образование корок, уменьшает нагрев солнцем.

В сосуде диаметром 15...20 см необходимо оставлять следующее число растений: клевера, люцерны — 20...25, для получения семян — в 2 раза меньше; злаковых, льна, гречихи и других культур сплошного сева — 15...20; гороха, бобов,

люпина — 10...15; огурца, редиса, моркови — 3...5; свеклы, кукурузы, капусты, картофеля — по 1 растению. Поэтому количество семян, высеваемых в сосуд, должно быть на 5...10 шт. больше оставляемого числа растений. Для ячменя количество высеваемых семян должно быть в 1,5...2 раза больше, так как он сильно повреждается шведской и гесенской мухами.

Сосуды устанавливают на стеллажи на постоянное место обязательно по повторностям, а не по вариантам опыта.

Достоверные данные для злаковых культур и льна можно получить при 3-кратной, для бобовых и масличных культур 4...5-кратной, а для корнеклубнеплодов — 5...6-кратной повторности опыта.

Через 2...3 дня после появления всходов, когда они окрепнут, лишние удаляют пинцетом и оставляют в каждом сосуде одинаковое количество растений.

Если задачей опыта, а значит, и схемой предусмотрено внесение удобрений в период вегетации, то его вносят в виде жидкой подкормки (как полив).

Полив и уход. При проведении вегетационных опытов необходимо прежде всего поддерживать установленную влажность почвы в сосудах. Поливают их ежедневно в ранние утренние или вечерние часы (обычно 1 раз в день, а в жаркие дни — 2...3 раза). В том случае, когда почва имеет большое количество глинистых частиц и потому сравнительно высокую гигроскопичность, поливка производится до 70% от полной влагоемкости. Чаще всего половину воды дают сверху и половину снизу.

Для полива используют дистиллированную или водопроводную воду, которую набирают накануне в бочки и другие емкости, чтобы не поливать растения слишком холодной водой.

Полив проводят по массе до установленной для опыта оптимальной влажности. Для нахождения оптимальной влажности определяют полную влагоемкость и влажность почвы при набивке сосудов. Влажность почвы, составляющая 60...70% от полной влагоемкости, для большинства культур и почв близка к оптимальной. Массу сосудов к моменту полива находят, суммируя массу сосуда, песка, добавленного при набивке и посеве, каркаса, сухой почвы и найденного расчетным путем потребного количества воды.

Пример. Предположим, что полная влагоемкость почвы 50%, полив растений намечено проводить до 60% полной влагоемкости.

Значит, влажность почвы в сосудах должна составлять $(50 \times 60) : 100 = 30\%$ от массы абсолютно сухой почвы.

Влажность почвы при набивке была 15%, в сосуд взято по 6 кг (6000 г) сырой почвы. Масса абсолютно сухой почвы в сосуде составит $(6000 \times 100) : 115 = 5220$ г. Масса воды в сосуде при увлажнении почвы до 30% будет $(5220 \times 30) : 100 = 1566$ г. Масса сосуда была 2000 г. Масса песка, добавленного при набивке и посеве, 400 г; масса воды в песке при поливе его до 60% полной влагоемкости 60 г; масса деревянных палочек каркаса сосуда 40 г. Суммируя все перечисленные величины, получим массу сосуда к моменту полива $5220 + 1566 + 2000 + 400 + 60 + 40 = 9286$ г, или округленно 9300 г.

Массу сосуда к поливу пишут на этикетке сосуда или в рабочем журнале (тетради).

При проведении опытов с картофелем, томатом, подсолнечником, кукурузой, которые образуют большую вегетативную массу, при поливе делают поправку на массу самих растений. Культуры в сосудах Митчерлиха, Кирсанова не взвешивают, а поливают по объему, распределяя жидкость поровну на каждый сосуд, до появления воды в поддоне.

При выпадении большого количества атмосферных осадков часть влаги просачивается в поддон. При очередном поливе необходимо вылить воду из поддона в сосуд, чтобы исключить потери элементов питания. После выпадения обильных дождей иногда 1...2 дня растения не поливают (в зависимости от состояния растений).

Сорняки в сосудах сразу удаляют. При заболевании растений (мучнистая роса, ржавчина) или при появлении вредителей (тля, шведская муха) проводят необходимые меры борьбы.

Чтобы во время роста растения не ломались и не полегали, на каждый сосуд надевают каркас или вставляют в сосуды железные или деревянные палочки (по 3...4 на сосуд), между которыми по мере роста растений натягивают несколько рядов шпагата.

Наблюдения. В период вегетации растений проводят фенологические наблюдения и биометрические измерения, результаты которых заносят в специальные журналы. Регистрируется число и месяц наступления фаз роста и развития растений в зависимости от выращиваемой культуры: з е р н о в ы е (рожь, пшеница, овес, ячмень, просо, рис) — начало всходов, полные всходы, появление 2-го листа, появление 3-го листа, кущение, выход в трубку, колошение, цветение.

.молочная, восковая и полная спелость; картофель — полные всходы, бутонизация, цветение, начало отмирания ботвы; зернобобовые — всходы, начало образования боковых побегов, образование соцветий, цветение, созревание (начало и полная спелость); лён-долгунец — всходы, начало роста стебля (иногда регистрируется появление 3-й пары настоящих листьев), образование головок, цветение (начало, полное, конец), спелость семян (зеленая, ранняя желтая, желтая, полная); гречиха — всходы, появление 1-го настоящего листа, ветвление, образование соцветий, цветение, созревание; сахарная свекла и другие корнеплоды — всходы, появление 1-й пары настоящих листьев, появление 3-го настоящего листа, начало утолщения подсемядольного колена, увядание наружных листьев; томат, баклажан, перец — всходы, появление 1-го настоящего листа, образование бутонов (соцветий), цветение, начало развития плодов, съемная спелость; капуста белокочанная, краснокочанная и савойская — всходы, техническая спелость у 10, 30, 75% кочанов; тыквенные (огурец, дыня, арбуз, тыква) — всходы, появление 1-го настоящего листа, иногда и 3-го настоящего листа, образование бутонов, цветение (отдельно женских и мужских цветков), отцветание первых женских цветков, созревание, съемная спелость, последний сбор.

Уборка и учет урожая. За 3...4 дня до уборки урожая прекращают полив сосудов. Растения убирают в фазе полной спелости. Их срезают ножницами у самой поверхности почвы, убирают в пакеты и затем высушивают их до воздушно-сухого состояния в вегетационном домике, лаборатории или другом подсобном помещении. После этого урожай обмолачивают и взвешивают. При больших абсолютных урожаях допускается расхождение между парными сосудами не более чем на 5...10%; при малых — это расхождение не должно превышать 25%.

Если в задачу вегетационных опытов входило изучение структуры урожая различных культур, то эту работу выполняют в период уборки. Во время уборки урожая проводят отбор средних проб почвы для агрохимического анализа, а также растений (зерно, клубни, солома, ботва и т. п.) для биохимического анализа в период лабораторно-практических занятий студентов по курсу агрохимии.

Заканчивают уборку и учет урожая статистической обработкой полученных данных.

Песчаные культуры

Субстратом в песчаной культуре служит мелкий кварцевый или белый речной песок, отмытый от органических илистых примесей. Он должен обладать хорошими физическими свойствами, позволяющими корням растений расти, как в хорошей культурной почве. Для этого песок не должен быть ни грубо-, ни мелкозернистым, а иметь размер частиц от 0,2 до 0,4 мм в диаметре. По своим химическим свойствам он должен быть свободным от посторонних примесей. Этим требованиям лучше всего удовлетворяет кварцевый песок, который можно завезти с фарфорового или стекольного завода. Кроме того, необходимо учитывать возможность быстро доставить песок в необходимом количестве.

Подготовка песка. В случае присутствия значительных количеств примесей, особенно соединений азота, фосфора и калия, песок надо промыть. В сосуд или цилиндр налить концентрированной HCl (плотность 1,19) и в нее всыпать песок (не наоборот!). В этом случае вся масса песка смочится кислотой равномерно, а последующее помешивание толстой стеклянной палочкой будет способствовать более полному растворению всех посторонних примесей. Песок в кислоте выдерживают в течение 3...5 дней. Излишек кислоты сливают сифоном, а песок в течение нескольких часов (5...6 ч) промывают водопроводной водой до слабокислой или нейтральной реакции промывных вод (рН 6,7...7,0).

Чтобы ускорить промывание песка, необходимо на водопроводный кран с сильным напором воды надеть и закрепить резиновую трубку, к свободному концу которой с помощью стеклянных двойников или тройников прикрепляют резиновые трубки меньшего диаметра. Каждая трубка должна заканчиваться стеклянным наконечником. Резиновые трубки со стеклянными наконечниками опускаются до дна сосуда, цилиндра и при постоянном поступлении воды и перемешивании песок отмывается. После этого промывают песок в течение 1—2 ч дистиллированной водой (рН 7,0) до отрицательной реакции на хлор. Если азотнокислое серебро не дает реакции, то песок можно считать чистым и после удаления избытка промывной воды песок необходимо высушить.

Песок высушивают вначале на открытом воздухе (вновь не загрязняя!). При небольшом количестве песка можно

воспользоваться сушильными шкафами лаборатории. Для удаления кремниевой кислоты, органического вещества, азотистых соединений и микроорганизмов песок прокаливают. Температура должна быть около 400°C на поверхности слоя песка 15...20 см.

В зависимости от цели опыта можно ограничиться только тщательным просеиванием через частое сито для отделения примесей и промыванием песка водой.

Сосуды для песчаных культур берут обычно менее высокие, чем для почвенных культур, так как капиллярное поднятие воды в песке слабее, чем в почве.

Равномерная влажность песка отмечается для слоя 20...25 см. При большей высоте сосудов в верхних слоях влажность всегда меньше, чем в нижних. Для устранения этого недостатка и увеличения водоудерживающей способности песка необходимо добавить к нему индифферентное вещество: мелко растолченное стекло, мелко размолотая глина, порошкообразный сернокислый барий, специально подготовленный торф. Песок обладает хотя и слабой адсорбционной способностью, но изменение реакции в песке идет всегда менее резко, чем в водной культуре.

Учитывая, что хороший кварцевый песок — довольно ценный материал, а также сложность его подготовки, необходимо кварцевый песок использовать несколько раз.

Техника закладки опыта с песчаными культурами и ухода за ними почти не отличается от таковой для почвенных культур. Отличие состоит в том, что в первом случае элементы питания вносят при набивке сосудов в виде раствора питательной смеси, а нерастворимые соли вносят в сухом виде. Питательную смесь вносят из расчета на 1 кг песка.

Питательные смеси. Состав смесей определяется особенностями опытных растений и задачей исследования. В большинстве случаев применяют так называемые нормальные питательные смеси. Питательная смесь должна содержать все необходимые элементы питания в усвояемой форме и в количествах, достаточных для нормального развития растений. Кроме того, смесь должна обеспечивать физиологическую уравновешенность питательного раствора и оптимальный pH в течение всего вегетационного периода. Питательная смесь должна иметь, по возможности, нейтральную реакцию.

Для приготовления растворов применяются химически чистые соли и бидистиллированная или очищенная на ионо-

обменных смолах вода. Используют питательные вещества в форме таких соединений, которые по своей физиологической реакции были бы вполне безвредны. Питательные растворы (смеси) необходимо готовить более концентрированными (в 100—200 раз), чем требуется для нормального роста и развития растений, и потом добавлять соответствующие их количества в песок. Хранить исходные растворы нужно в темноте, чтобы не образовался нерастворимый гидрат окиси железа и не росли водоросли. Ниже приводятся составы универсальных питательных смесей для песчаных и водных культур (соли, отмеченные в смесях звездочкой, целесообразно растворять отдельно, так как в смеси они образуют осадок).

Смесь Гельригеля (г/л)		Смесь Гильтиера (г/л)	
* $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ безводный	0,492	KNO_3	0,0368
или $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,708	NaNO_3	0,0512
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,025	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	0,25
KCl	0,075	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,25
* KH_2PO_4	0,136	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0,064
MgSO_4 безводный	0,060	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,25
или $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,123	KCl	0,25
		FeCl_3 , 5%-ный раствор	— 3 капли
Смесь Кнопа (г/л)		Смесь Коссовича (г/л)	
* $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ безводный	1,00	NaNO_3	0,085
или $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,44	KH_2PO_4	0,0383
KNO_3	0,25	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,02
KCl	0,12	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,02
FeCl_3 , 5%-ный раствор	1 капля	KCl	0,02
* KH_2PO_4	0,25		
MgSO_4 безводный	0,25		
или $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,51		

Смесь Кнопа удобно также составлять из заблаговременно подготовленных растворов отдельных питательных солей (мл/л):

1%-ного $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	8
5%-ного KH_2PO_4	4
10%-ного KNO_3	2
1%-ного $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2
10%-ного KCl	1
0,8%-ного Fe лимоннокислого	5

Смесь Митчеллиха (г/л)		Смесь Прянишникова (г/л)	
* Ca(NO ₃) ₂ безводный	0,80	NH ₄ NO ₃	0,24
или Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	1,15	CaHPO ₄	0,172
KNO ₃	0,30	FeCl ₃ ·6H ₂ O	0,025
NH ₄ NO ₃	0,08	CaSO ₄ ·2H ₂ O	0,344
NaCl	0,20	MgSO ₄ безводный	0,060
KH ₂ PO ₄	0,17	или MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,123
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,20	KCl	0,160

Смесь Сакса (г/л)		Смесь Чирикова (г/л)	
KNO ₃	1,00	KNO ₃	1,00
Ca ₃ (PO ₄) ₂	0,50	Ca ₃ (PO ₄) ₂	0,464
FeCl ₃ , 5%-ный раствор — 1 капля		Fe ₂ (SO ₄) ₃	0,310
CaSO ₄ ·2H ₂ O	0,50	CaSO ₄ ·2H ₂ O	0,500
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,50	MgSO ₄ безводный	0,500
NaCl	0,50		

Растворы микроэлементов для универсальных питательных смесей (г)

Раствор «А» — «Z» по Хоглэнду			
H ₃ BO ₃	11	Co(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	1,0
MnCl ₂ ·4H ₂ O	7	TiO ₂	1,0
CuSO ₄ ·5H ₂ O	1	LiCl	0,5
ZnSO ₄	1	SnCl ₂ ·2H ₂ O	0,5
Al ₂ (SO ₄) ₃	1	KJ	0,5
NiSO ₄ ·6H ₂ O	1	KBr	0,5

Указанные количества солей растворяют в 18 л воды. Добавляют по 1...1,5 мл раствора к 1 л питательной смеси или 1 кг песка.

Раствор Браунера — Букача (мг/л)			
MnCl ₂ ·4H ₂ O	850	Co(NO ₃) ₂	50
H ₃ BO ₃	500	TiO ₂	50
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	50	LiCl	25
CuSO ₄ ·5H ₂ O	50	KBr	25
Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O	50	KJ	25
NiSO ₄ ·7H ₂ O	50	SnCl ₂ ·2H ₂ O	25

Добавляют по 1 мл этого раствора к каждому литру питательной смеси.

Кроме указанных выше сред (смесей) есть питательные среды для выращивания отдельных видов высших растений, для культивирования изолированных тканей и клеток и другие. Ниже, для примера, приводится специальная смесь для корней пшеницы, ржи, ячменя, овса.

Смесь Бурстрема
для культуры изолированного питания (мг/л)

MgSO ₄	24,0	KJ	0,02
Ca(NO ₃) ₂	65,6	(NH ₄) ₂ MoO ₄	0,02
KNO ₃	20,2	Тиамин	0,1
KH ₂ PO ₄	40,8	Никотиновая кислота	0,5
MnCl ₂	1,0	Глюкоза	10,0
ZnSO ₄	1,0		
H ₃ BO ₃	0,02		

Вместо солей используют также садовую (огородную) почву из расчета 100 г на 1 л раствора.

Устойчивую реакцию среды (рН) сохраняют питательные смеси Прянишникова, Кнопа и Цинцадзе, в состав которых входят труднорастворимые соли. При изменении реакции раствора оптимальную реакцию его можно восстановить, добавляя по каплям растворы щелочи или кислоты. Добавленный в раствор мел поддерживает рН 6,5.

Смеси Цинцадзе

Соль	№ смеси, концентрация, г/л				
	1	2	3	4	5
KNO ₃	0,166	0,166	0,166	0,505	0,80
*Ca(NO ₃) ₂ без- водный	—	—	—	—	0,21
NH ₄ NO ₃	0,334	0,334	0,334	0,20	—
Ca ₃ (PO ₄) ₂	0,70	—	—	5,00	0,70
CaSO ₄ ·2H ₂ O	0,25	1,46	1,46	—	0,28
MgSO ₄ безводный	0,50	0,50	0,30	0,50	0,50
KCl	0,614	0,614	0,614	0,36	—
Fe ₃ (PO ₄) ₂ ·4H ₂ O	—	0,85	0,68	—	—
Fe ₂ (SO ₄) ₃	—	0,04	0,02	0,32	0,25
NaCl	—	—	—	—	0,17

При выращивании растений в водных, а иногда и в песчаных культурах нередко появляется хлороз листьев. Чтобы устранить это явление, хлорное железо заменяют лимонно-кислым или хелатным (соединение с этилендиаминтетрауксусной кислотой).

Водные культуры

Субстратом для водных культур обычно служит дистиллированная вода и лишь в отдельных специальных опытах, например, при изучении роли микроэлементов, применяют бидистиллированную, иногда водопроводную воду.

Растения выращивают в стеклянных цилиндрических или прямоугольных сосудах емкостью от 3 до 10 л в зависимости от особенностей растений и задач опыта. Для водной культуры предварительно проращивают семена на увлаж-

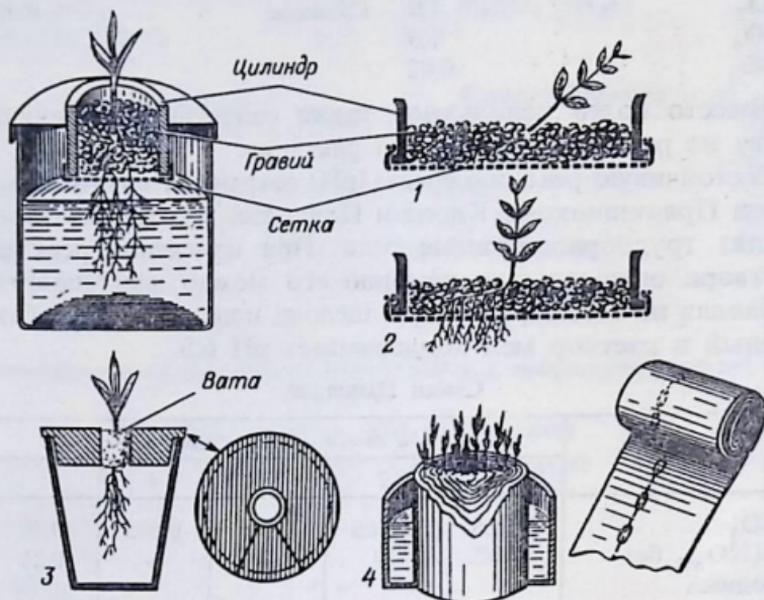


Рис. 8. Способы укрепления растений в водной культуре: 1 — в момент посадки; 2 — после укоренения; 3 — кружок из парафинированного дерева; 4 — рулонная культура на фильтровальной бумаге

ненной фильтровальной бумаге или песке. Полученные проростки переносят на парафинированную сетку, положенную на кристаллизатор с водой или разбавленным питательным раствором. Когда образуются корни длиной 5...7 см, молодые растения закрепляют в отверстиях крышки вегетационного сосуда так, чтобы корни погрузились в питательный раствор. Способы укрепления растений показаны на рис. 8.

Один из наиболее удобных способов — укрепление растений при помощи широких цилиндров с сетчатым дном, наполненных гравием, или гранулированным полиэтиленом. Цилиндры изготовляют из пластмассы или других нержавеющей материалов, а сетчатое дно — из редкой капроновой ткани. Если необходимо, их стенки покрывают чистым расплавленным парафином.

Обычно питательный раствор готовят высокой концентрации — в 100...200 раз больше его концентрации в питательной смеси — и вносят в сосуд с водой пипеткой.

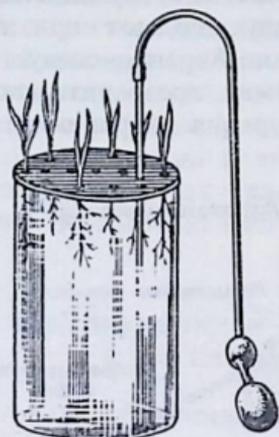


Рис. 9. Вегетационный сосуд (стеклянный) для водной культуры. Стеклянная трубка и груша для обеспечения корневой системы воздухом

Аэрация водных культур осуществляется путем периодического продувания воздуха через воду. В одно из отверстий крышки сосуда (рис. 9) вставляют стеклянную трубку, пря-

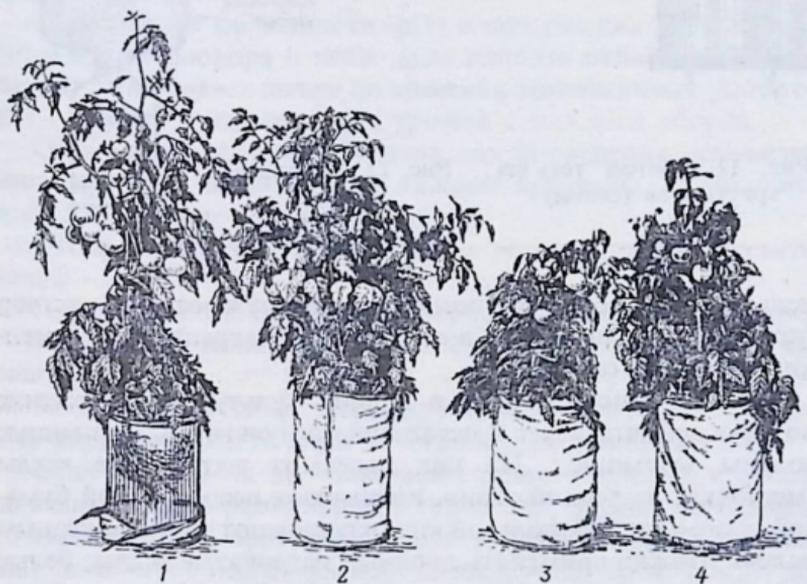


Рис. 10. Водные культуры: вегетационный опыт с томатами. У первого сосуда чехол опущен. Видна корневая система

мую или изогнутую под углом в $100...110^\circ$ и немного не доходящую до дна сосуда. Через трубку удаляется избыток углекислоты, которая накапливается в результате дыхания корней и микроорганизмов, вода насыщается кислородом и перемешивается. Воздух подают при помощи воздуходувки или резиновой груши. Аэрацию следует делать 1...2 раза в сутки в течение 5...10 мин, предварительно долив в сосуд воду до прежнего ее уровня. Аэрация не обяза-

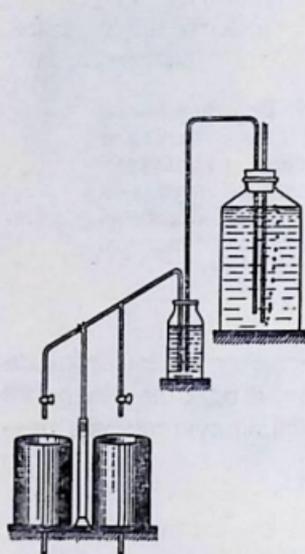


Рис. 11. Метод текущих растворов (схема)

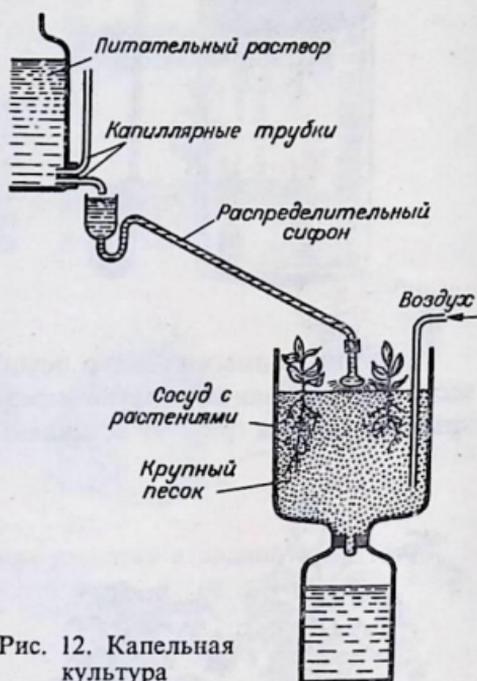


Рис. 12. Капельная культура (по Демолону)

тельна, если корни не полностью погружаются в раствор (примерно $\frac{1}{3}$ находится в воздухе) или закрепляются в мелких широких сосудах.

Чтобы приостановить в водной культуре размножение водорослей, что ведет к искажению результатов, стеклянные сосуды затемняют. На них надевают матерчатые чехлы (мешочки) из черной ткани, покрывают непрозрачной бумагой, алюминиевой фольгой или окрашивают снаружи черным лаком. Можно применять двойные матерчатые чехлы: белые снаружи и черные изнутри (рис. 10). Во избежание перегрева сосудов на солнце поверхность их должна быть покрыта белой тканью, бумагой, белилами.

Изменение концентрации и ионного состава питательного раствора в процессе роста растений и связанные с этим нарушения в реакции среды и ряд других причин вызвали необходимость разработки метода так называемых текучих песчаных культур, или протекающих растворов, капельная культура (по Демолону). В текучих песчаных культурах питательный раствор непрерывно подается по каплям из бутылки с сифоном (рис. 11, 12). Раствор проходит через песок, омывает корни и вытекает из отверстия в нижней части сосуда. В таких условиях раствор сохраняет более или менее постоянный состав и устойчивую реакцию рН.

Наблюдения и обработка данных в вегетационном опыте

Основные наблюдения, учеты и анализы, обязательные при проведении вегетационных опытов.

Фенологические наблюдения.

Метеорологические наблюдения.

Наблюдения за болезнями, вредителями.

Визуальная оценка состояния посевов по основным фазам развития растений.

Определение кислотности (рН) и содержания подвижных форм азота, фосфора и калия (для анализа отбирается один смешанный образец почвы до внесения минеральных удобрений). Уборка и взвешивание урожая с каждого сосуда.

Отбор растительных образцов для проведения основных биохимических анализов для каждой культуры, характеризующих качество урожая.

Отбор почвенных образцов для агрохимического анализа почвы.

Первичная и математическая обработка данных об урожае.

Подготовка наглядных пособий и составление отчета по опыту.

По возможности фотографируют весь опыт или отдельные варианты опыта и их сочетание для сравнения.

Если программа вегетационных опытов включает отбор почвенных или растительных проб во время вегетации, то их отбирают, приурочивая или к фазам развития растений, или через определенный календарный срок (15..20..30 дней). Растительные и почвенные образцы отбирают не менее чем с двух повторностей опыта, т. е. численность повторений в течение вегетационного периода растений

были проведены под руководством Д. И. Менделеева, при активном участии К. А. Тимирязева. Опыты проводились в четырех губерниях (Московской, Петербургской, Смоленской и Симбирской) по единой программе. Они сопровождались анализами не только удобрений, но и почв, и урожая, а также впервые в мировой практике — математической обработкой полученных данных.

Результаты этих опытов позволили уже тогда наметить районы наиболее эффективного применения изученных удобрений.

Д. Н. Прянишников также считал метод полевого опыта основным для выбора наиболее эффективного применения удобрений. Д. Н. Прянишниковым на опытном поле Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева поставлен уникальный полевой опыт с удобрениями в севообороте и бессменной культуре, продолжающийся свыше 60 лет. По схемам и под научным руководством Д. Н. Прянишникова заложены многолетние полевые опыты по изучению действия фосфоритной муки, известкованию, сравнительному действию навоза и минеральных удобрений, формам удобрений на Долгопрудной опытной станции и Люберецком опытном поле. При непосредственном участии Д. Н. Прянишникова организована в нашей стране географическая сеть опытов с удобрениями. В настоящее время полевые опыты с удобрениями в нашей стране проводятся в системе учреждений единой агрохимической службы.

МОДИФИКАЦИИ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

Различают несколько видов полевого опыта в зависимости от места проведения, цели опыта, количества изучаемых в нем факторов, его длительности, охвата объектов и числа опытов.

По месту проведения и цели полевые опыты подразделяют на стационарные и производственные опыты.

Стационарные опыты проводятся в основном на постоянных, специально приспособленных участках, на опытных полях или опытных станциях. Цель этих опытов — сравнительное изучение влияния различных условий, факторов жизни растений, приемов возделывания, в том числе применения удобрений, на величину и качество урожая сельскохозяйственных культур. Выводы (результаты) таких опытов предназначаются для определенной почвенно-климатической зоны.

Производственные опыты проводятся непосредственно в хозяйствах. Цель полевых производственных опытов — проверка и уточнение результатов, полученных ранее в стационарных опытах. Эти опыты особенно важны для экономической и организационно-хозяйственной оценки разработанных приемов.

В зависимости от количества изучаемых в полевом опыте приемов, факторов различают опыты однофакторные (простые) и многофакторные (синтетические, комплексные).

К однофакторным относят опыты, в которых изучается действие какого-либо одного приема, на одном неизменном агротехническом фоне, например, виды удобрений, формы удобрения или дозы удобрения. Примером однофакторного опыта может служить опыт Долгопрудной опытной станции, в котором изучается действие и последствие фосфоритной муки, внесенной в различных дозах.

Многофакторными являются опыты, в которых одновременно исследуется влияние двух или нескольких приемов на урожай растений. Например, изучение эффективности различных форм азотных удобрений по двум фонам: без извести и с известью, или изучение различных доз и сочетаний азотно-фосфорно-калийных удобрений, органических и минеральных удобрений и т. д.

В зависимости от длительности наблюдений за действием удобрений различают однолетние и многолетние полевые опыты.

Однолетние — опыты, в которых действие удобрений учитывается только на ту культуру, под которую оно внесено, т. е. в течение одного вегетационного сезона, а также изучение эффективности подкормки озимых, рядкового удобрения, некоторых приемов внесения микроудобрений — намачивания семян, внекорневой подкормки и др. Для получения достоверных средних данных опыты по одной теме и схеме с одной и той же культурой проводят не менее 3...4 лет.

В многолетних опытах действие удобрений изучается в течение ряда лет на нескольких следующих одна за другой культурах. В них может учитываться либо действие раз внесенных удобрений, либо накапливающееся действие систематически повторяемого через определенные сроки внесения удобрений. Многолетние опыты, как правило, ведутся в севооборотах.

По охвату объектов полевые опыты могут быть единичными и массовыми.

Единичные полевые опыты закладываются в отдельных пунктах, независимо друг от друга, по различным схемам. К ним относится большинство стационарных опытов, а также многолетние многофакторные опыты.

Массовые полевые опыты проводятся одновременно в нескольких пунктах по одной теме и общей схеме, что позволяет обобщать их результаты. К массовым полевым опытам относятся также географическая сеть полевых опытов, которые проводят в различных географических пунктах, отличающихся по почвенным и климатическим условиям, по единому научно-методическому плану.

В практике агрономических исследований все виды полевых опытов применяют в двух модификациях. Одна из них называется лабораторно-полевым опытом, другая — полевым опытом в производственной обстановке.

В лабораторно-полевом опыте достигается соответствие условий его проведения почвенным и климатическим условиям района, но допускается отрыв от производственных условий. В связи с этим лабораторно-полевые опыты дают возможность получить лишь агротехническую эффективность агроприема (применение удобрений), которая определяется прибавкой урожая или улучшением его качества.

Полевой опыт дает наибольшее приближение условий исследования к типичной производственной обстановке. Поэтому такие опыты наряду с агротехнической эффективностью могут дать и производственную, экономическую оценку изучаемых приемов.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДИКЕ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

Независимо от вида или модификации к любому полевому опыту предъявляется ряд основных методических требований. Важнейшие из них следующие: 1) типичность опыта; 2) наличие сравнимости и соблюдения принципа единственного различия; 3) проведение опыта на специально выделенном участке; 4) точность опыта (учет урожая) и достоверность опыта по существу.

Под типичностью, или репрезентативностью, полевого опыта понимается соответствие условий его проведения почвенно-климатическим (природным) и агротехническим условиям данного района или зоны. Типичность опыта определяется возможностью использования его ре-

зультатов. Например, данные, полученные в полевых опытах, проведенных в нечерноземной зоне, нельзя распространять на черноземную, или совершенно очевидно, что нет смысла изучать приемы повышения плодородия почв в опытах, расположенных на легких песчаных почвах, если результаты работы предполагается использовать на тяжелых глинистых.

Типичность должна отвечать требованиям проведения полевого опыта при общем высоком уровне агротехники. Опыты при низком уровне агротехники не имеют производственной ценности. Часто не оправдан выбор некультуренной почвы в опытах с удобрениями. Хотя это и дает результаты, которые производят большое впечатление, но не соответствует практическим условиям обычных почв. Несомненно, на бедных землях изучаемые удобрения будут более эффективны даже при низком уровне урожайности. Типичность опыта требует проведения исследования с районированными, перспективными сортами и типичными для данной зоны культурами.

Соблюдение принципа единственного различия — одно из очень важных и обязательных требований методики полевого опыта. Цель этого требования — обеспечить сравнимость данных, полученных в разных вариантах опыта. Например, в полевом опыте с дозами азотных удобрений единственным различием по вариантам являются дозы. Все остальные условия опыта (обработка почвы, предшественники, сорт, посев, уход) во всех вариантах должны быть одинаковыми. В опытах с удобрениями соблюдение принципа единственного различия требует не только, чтобы все остальные факторы жизни растений и приемы агротехники были одинаковы, но чтобы разные формы удобрений применялись в одинаковых дозах, эффективность различных доз удобрений изучалась для одной и той же формы и т. д.

Принцип единственного логического различия — непременное условие полевого опыта, но его не следует понимать механически, под этим принципом понимается главное изучаемое различие. Например, при постановке опытов по сравнительной оценке разных форм минеральных удобрений чаще всего сравнение ведут при одинаковых сроках внесения. Допустим, что изучается действие калийных удобрений — хлористого калия и сернокислого калия на урожай культуры, чувствительной к хлору. Если обе формы внести осенью или весной, результаты сравнения могут дать неравнозначный ответ.

Проведение полевого опыта на специально выделенном участке с хорошо известной историей — это логическое следствие требования принципа единственного различия. В практике опытного дела это требование методики часто игнорируют, опыты закладывают на участках, история которых неизвестна, в связи с чем результаты таких опытов невозможно понять, интерпретировать и тем более использовать.

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

Для установления точности полевого опыта результаты его математически обрабатываются с использованием методов вариационной статистики. Точность полевого опыта характеризуют величиной случайной ошибки средней, выраженной в процентах от среднего урожая по всему опыту (или по отдельному его варианту).

Если через m обозначим величину ошибки средней арифметической, через M — средний урожай, то точность полевого опыта выразится формулой: $P = (m \cdot 100) : M$.

Например, если средний урожай ячменя в опытах с применением различных доз удобрений составил 24 ц/га, а обобщенная ошибка 1,2 ц/га, то точность опыта составит $1,2 : 24 \cdot 100 = 5\%$. Следовательно, чем меньше ошибки в опыте, т. е. чем меньше будут различаться урожаи по одному и тому же изучаемому варианту между собой, тем выше будет точность опыта. При значительной разнице в урожаях между сравниваемыми приемами и большой точности опыта, которая с уменьшением процентного показателя увеличивается, результаты опыта более достоверны.

Требования к точности полевого опыта не одинаковы и зависят от задач и темы опыта, вида опыта, а также величины ожидаемого эффекта. Например, если в полевом опыте при изучении эффективности различных видов удобрений ожидаются большие прибавки урожая, то требования к точности будут несколько меньшими, чем при получении небольших различий в вариантах опыта при сравнении различных форм удобрений.

Точность опыта повышается при правильном выборе участка, его подготовке под опыт, установлении соответствующего размера, формы делянок и повторности, надлежащем размещении делянок и применении более точных методов учета урожая.

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

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

ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

Планирование исследования — самая трудная и ответственная часть работы, которая включает: 1) выбор темы и определение задачи и объекта исследования; 2) изучение и критический анализ истории современного состояния вопроса; 3) создание рабочей гипотезы; 4) составление программы и методики исследования.

Выбор темы. Вопросов, которые следует изучать, очень много, однако важно выделить из них более важные и перспективные. Один из источников тем для исследования — заказы сельскохозяйственного производства.

Наиболее важными из них в настоящее время являются изучение эффективности действия основных видов удобрений при выращивании различных культур и разработка оптимальных доз и соотношений удобрений для культур в различных условиях возделывания. Имеют большое значение и требуют разработки такие вопросы, как изучение форм, доз макро- и микроудобрений, сроков, способов их внесения на различных почвах при выращивании различных культур.

Темой для опыта может быть и экспериментальная проверка какого-нибудь ранее проведенного исследования,

но на новом материале с применением новых методов исследования.

Тема исследования должна быть определенной, четко сформулированной, соответствовать сущности исследования и отвечать потребностям производства настоящего и будущего.

Изучение литературы. Для того чтобы изучаемые вопросы не дублировались, не повторялись, необходимо изучить литературу по данному вопросу, причем не только отечественную, но и зарубежную, обращая в основном внимание на монографии, журнальные статьи, научные сборники и т. д.

Знание литературы по данному вопросу дает возможность создать рабочую гипотезу, разработать программу и методику исследования.

Создание рабочей гипотезы. Рабочая гипотеза — это научное предположение о развитии явлений, на котором основывается объяснение ожидаемых в поставленном опыте результатов.

Рабочая гипотеза должна соответствовать общим теоретическим предпосылкам и тем научным данным, для объяснения которых она выдвигается; быть применимой к широкому кругу явлений, обладать логической простотой и принципиальной проверяемостью.

Рабочая программа. В программе намечаются способы проверки рабочей гипотезы. Программа исследования — это проект намеченного пути эксперимента, в котором указаны схемы опытов, условия проведения опытов и наблюдений, методика и основные элементы техники закладки и проведения эксперимента, перечень наблюдений и исследований. Причем следует иметь в виду, что в процессе работы программу обычно дополняют или частично изменяют, так как предвидеть все детали будущего исследования просто невозможно. Наиболее сложный вопрос при составлении программы — это построение схемы опыта.

Схемы опытов с удобрениями. Схема определяется темой опыта. При составлении схемы следует соблюдать одно из основных методических требований полевого опыта — принцип единственного различия, т. е. чтобы изучаемый фактор был единственным дифференциальным фактором. При составлении схемы опыта большое значение в исследовательской работе имеет правильный выбор соответствующих поставленной задаче вариантов, что в значительной степени определяет успех исследования.

Методически очень важно при разработке схемы опыта правильно наметить контрольные варианты. Наличие в опыте правильно выбранных вариантов — основной отличительный признак научного эксперимента. В опытах с удобрениями контрольным вариантом обычно является вариант без удобрения.

В опытах по изучению новых форм удобрений контролем может быть вариант со стандартной хорошо изученной формой исследуемого вида удобрений. При составлении схемы полевых опытов необходимо стремиться к тому, чтобы число вариантов было минимальным, не включать в нее варианты, без которых можно обойтись.

В качестве примерной схемы опыта по изучению действия различных видов минеральных удобрений обычно приводят классическую восьмерную схему Жоржа Вилля: 1) контроль (без удобрений); 2) N; 3) P; 4) K; 5) NP; 6) NK; 7) PK; 8) NPK.

Опыты, поставленные по такой схеме, позволяют установить действие на урожай культур как отдельных видов удобрений, так и их различных сочетаний. Но большое число вариантов всегда усложняет проведение опытов, делает его громоздким, что сказывается на достоверности результатов. Поэтому в каждом случае следует тщательно анализировать возможность уменьшения числа вариантов схемы опыта. При этом надо учитывать особенности почвы, растений, которые используются в опыте.

Например, при проведении опытов по изучению эффективности различных видов удобрений на почвах сравнительно хорошо обеспеченных калием, целесообразно вместо восьмерной схемы взять сокращенную: 1) 0; 2) N; 3) P; 4) NP; 5) NPK.

На почвах, недостаточно обеспеченных азотом, фосфором, возможна и такая сокращенная схема: 1) 0; 2) P; 3) K; 4) PK; 5) NPK.

В настоящее время во многих случаях применяют различные виды удобрений в сочетании друг с другом; применение же одного вида удобрений практически не встречается. В этом случае может быть применена схема Вагнера: 1) 0 (контроль); 2) NP; 3) NK; 4) PK; 5) NPK.

Иногда из этой схемы исключают и контрольный вариант, т. е. вариант без удобрений, и получают схему Митчерлиха: 1) NK; 2) NP; 3) PK; 4) NPK.

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

I. Схема по изучению действия различных форм азотных удобрений: 1) контроль (без удобрений); 2) РК (фон); 3) РК + NH_4NO_3 ; 4) РК + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 5) РК + NH_4Cl .

II. Схема по изучению действия различных форм калийных удобрений: 1) контроль (без удобрений); 2) NP (фон); 3) NP + KCl; 4) NP + K_2SO_4 ; 5) NP + K_2CO_3 .

При изучении действия различных доз удобрений схемы опытов включают следующие варианты: 1) контроль (без удобрений); 2) НК (фон); 3) НК + P_1 ; 4) НК + P_2 ; 5) НК + P_3 .

Ниже приводятся примерные схемы опытов по изучению действия различных сроков и способов внесения удобрений.

Схема 1

1) контроль (без удобрений); 2) NPK – осенью под зябь; 3) NPK – весной под культивацию; 4) NPK – $\frac{2}{3}$ осенью + $\frac{1}{3}$ весной.

Схема 2

1) контроль (без удобрений); 2) РК (фон); 3) РК + N до посева; 4) РК + N в подкормку; 5) РК + $\frac{1}{2}$ N до посева + $\frac{1}{2}$ N в подкормку.

В опытах со сложными удобрениями применяется часто следующая схема:

1) контроль (без удобрений) или фон; 2) сложное удобрение; 3) эквивалентная смесь простых удобрений.

Однако эта схема не дает полноценных результатов и должна быть дополнена и заменена другой: 1) контроль (без удобрений); 2) сложное удобрение; 3) эквивалентная смесь простых удобрений; 4) простые удобрения в нормальных дозах (по выносу или рекомендации); 5) сложное удобрение + простые удобрения для получения нормальных результатов.

Пятивариантная схема позволяет сравнить эффективность сложного удобрения с простыми и установить целесообразность имеющегося в удобрении соотношения питательных веществ.

В опытах при изучении доз и соотношений минеральных удобрений, вносимых под различные культуры, необходимо, чтобы интервалы между двумя дозами были достаточно велики и чтобы прибавки от сравниваемых доз различались на величину, превосходящую ошибку опыта. В таких опытах бывает достаточно 3...4 доз. Например:

1) контроль (без удобрений); 2) фон NPK (дозы по рекомендациям или расчету на планируемый урожай); 3) NPK + P₃₀; 4) NPK + P₆₀; 5) NPK + P₉₀. Опыты по таким схемам чаще всего проводят агрохимические лаборатории и географическая сеть Всесоюзного научно-исследовательского института удобрений и агропочвоведения (ВИУА).

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

Схема 1. 1) 0 (без удобрений); 2) навоз 40 т;
3) N₁₂₀P₆₀K₁₂₀; навоз 20 т + N₆₀P₃₀K₆₀.

Схема 2. 1) 0; 2) торф; 3) аммиачная вода; 4) компост (аммиачная вода + торф).

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

Схема 4. 1) 0; 2) K; 3) PK; 4) NPK.

В последнее время находят широкое применение комплексные опыты, в которых действие удобрений изучается в зависимости от агротехнических условий и фона, сопутствующего удобрениям. Например, действие различных доз азота на урожай белокочанной капусты изучается на фоне не одной, а нескольких норм полива.

Пример схемы комплексного опыта, поставленного с двумя сортами картофеля, двумя дозами полного удобрения и двумя площадями питания — малой и большой:

1) без удобрения, малая площадь питания; 2) N₁P₁K₁;
3) N₂P₂K₂; 4) без удобрения, большая площадь питания;
5) N₁P₁K₁; 6) N₂P₂K₂.

ВЫБОР И ПОДГОТОВКА УЧАСТКА ДЛЯ ОПЫТА

При выборе участка для закладки полевого опыта необходимо стремиться к тому, чтобы он обеспечивал выполнение основных требований, предъявляемых к качеству опыта, — типичность, соблюдение принципа единственного различия, точность и достоверность результатов.

Участок для полевого опыта по рельефу, почвенным условиям (генезису, морфологии, свойствам почвы) и предшествующей истории должен быть однородным, типичным для района, зоны.

Рельеф. Участок должен быть ровным. При постановке опыта на склонах допускается односторонний склон небольшой крутизны: 1...2,5 м на 100 пог. м. Участки с более крутыми склонами не пригодны для полевых опытов с удобрениями, так как на них может происходить смыв удобрений и самой почвы.

При расположении опытного участка на склоне делянки должны располагаться длинными сторонами вдоль склона. При выборе участка необходимо учитывать и микрорельеф. На участке не должно быть понижений (воронок, западин, блюдце), бугров, свальных и развальных борозд и др.

Почва. Чтобы опытный участок разместить на типичной для данного района или зоны почвенной разновидности, необходимо иметь его точную почвенную характеристику.

Почвенное обследование опытного участка может иметь двоякую цель: 1) дать почвенную характеристику участка в целом для того, чтобы сделать возможным перенесение результатов опыта на сходные почвы; 2) выявить границы отдельных почвенных разновидностей на участке, чтобы наилучшим образом расположить опыт. Почвенная характеристика обязательна не только в условиях опытного поля, но и при постановке опытов в условиях производства; результаты, полученные в таких опытах, теряют свою ценность, если неизвестна почва, на которой они проводились.

Детализация почвенной карты зависит от пестроты почвенного покрова и размера делянок.

Для полной характеристики почв опытного участка проводят необходимые химические анализы. Определяют механический состав, содержание гумуса, кислотность, поглотельную способность почвы, содержание подвижных форм основных питательных веществ. Эти показатели необходимы при проведении опытов с удобрениями для выявления однородности почвенных условий.

Предшествующая история участка. Для соблюдения принципа единственного различия и типичности опыта необходимо до его закладки детально изучить историю участка: севооборот, систему обработки и особенно применение органических и минеральных удобрений. Важную роль играет строгая однородность в проведении таких приемов агротехники, которые резко изменяют плодородие почвы и обладают

длительным последствием. К ним относятся: известкование и гипсование, внесение органических удобрений, применение повышенных доз минеральных удобрений, особенно фосфорных, посевы многолетних бобовых трав и т. д. При наличии сведений о применении одного из этих приемов только на какой-то части участка нельзя его использовать под закладку опыта.

На точность результатов опыта значительное влияние оказывает и неравномерная засоренность участка, особенно злостными сорняками (осот, пырей и др.). Такие участки могут быть использованы для опытов только после предварительного уничтожения сорняков.

При изучении истории участка следует обратить внимание на случайные факторы, которые могут нарушить его однородность и снизить точность опыта. На участке не должно быть следов земляных работ, засыпанных ям, канав, воронок от снарядов и бомб, раскорчевок и пней, остатков строений, стоянок скота, мест вывозки и хранения органических удобрений и т. д. Участок должен находиться на расстоянии не менее 200 м от водоемов, 40...50 м от леса и построек, 10...20 м от проезжих дорог.

Подготовка участка. Специальная подготовка участка для постановки опытов обычно проводится только в условиях стационарного опытного поля. Подготовка участка включает выравнивание плодородия участка при помощи уравнительных посевов и изучение пестроты почвенного плодородия путем рекогносцировочных, или разведочных, посевов.

В районах избыточного увлажнения необходимым приемом подготовки участков под опыт является их осушение при помощи открытых канав или закрытого дренажа. Устройство осушительной системы должно быть увязано с предполагаемой величиной, формой и направлением делянок с тем, чтобы избежать влияния дрен и канав на отдельных делянках. При осушении открытыми канавами делянки необходимо располагать так, чтобы они примыкали к канавам узкими концами. Специальной подготовки требуют и участки, раскорчеванные из-под леса.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

Методика полевого опыта, т. е. совокупность слагающих ее элементов, включает число вариантов, площадь делянок, их форму и направление, повторность, систему размещения

повторений делянок и вариантов на территории, метод учета урожая и организацию опыта во времени.

Правильное сочетание всех элементов методики обеспечивает максимальную точность и типичность опыта.

Основная задача правильного сочетания основных элементов методики — возможное уменьшение различий в исходном плодородии сравниваемых делянок, вызванных пестротой участка. Для правильного решения вопроса о методике опыта необходимо ознакомиться с влиянием каждого элемента методики на точность полевого опыта.

Число вариантов. Число вариантов в схеме зависит от темы опыта и определяется задачами, которые в нем решаются. В схеме опыта может быть не менее двух-трех вариантов (однофакторные опыты) и не более 10...15 (многофакторные опыты).

С увеличением числа вариантов возрастает количество делянок, следовательно, и общая площадь опытного участка. Это ведет к усилению пестроты плодородия. В тех случаях, когда площадь участка ограничена, при увеличении числа вариантов и соответственно числа делянок в опыте, приходится уменьшать размер делянки. Все это увеличивает ошибку опыта.

Площадь делянки. Полевые опыты ставят на делянках, имеющих определенный размер и форму. Величина делянки в большей степени зависит от задачи опыта, условий его проведения, возделываемой культуры. На величину делянки оказывает влияние продолжительность опыта (в многолетних опытах площадь делянки больше, чем в однолетних), биологические и агротехнические условия изучаемых растений и т. д.

Целесообразно в полевых опытах с удобрениями проектировать делянки, допускающие проведение всех полевых работ с максимальной механизацией, включая и уборку.

В практике опытного дела наиболее широко используют средние размеры делянок 50...100 м² для растений сплошного сева и 100...200 м² для пропашных. В лабораторно-полевых опытах, где соблюдение типичности необязательно, размер делянок может быть 10...25 м².

При установлении размера делянки следует учитывать особенность агротехники опытных растений: ширину междурядий, густоту стояния и т. д. Для пропашных культур должно быть не менее 80...100 растений на учетной делянке. Для плодовых и ягодников необходимо следующее учетное число растений на делянке: 6...10 плодовых деревьев, 10...20 кустарников, 50...100 растений земляники.

Делянки больших размеров (более 500...1000 м²) себя не оправдывают.

Форма делянки. Наиболее целесообразна прямоугольная форма делянки: отношение ширины к длине 1:5 или 1:10. Она обеспечивает большую точность опыта, так как полнее охватывает пестроту участка. Но очень вытянутые формы делянок (1:15...20), имеющие большой периметр, снижают точность опыта. Особенно необходимы вытянутые делянки при наличии явно выраженного изменения плодородия в каком-либо направлении, при этом делянки должны быть вытянуты в том направлении, в котором изменяются свойства участка. При закладке опыта на склоне делянки должны быть вытянуты вдоль склона. Для повышения точности опыта необходимо придать делянкам форму, близкую к квадрату, а число повторностей увеличить.

При выборе формы и площади делянок в опытах считают, что на защитные полосы должно приходиться около 25% площади опытного участка.

Повторность опыта. Кроме величины и формы делянки, на точность опыта оказывает влияние повторность, т. е. расположение каждого варианта схемы опыта равномерно на нескольких делянках. Делянки одной повторности можно рассматривать как части одной большой, но размещенной в различных местах опытного участка. Этим достигается больший охват каждым вариантом почвенной пестроты участка; наличие нескольких параллельных делянок для каждого варианта опыта повышает его точность. Число повторностей зависит от задачи опыта, пестроты почвенного покрова, размера делянки, длительности опыта и т. д. и может быть 3...8-кратной, иногда 2-кратной в производственных, предварительных, демонстрационных опытах. Полевой опыт без повторения вариантов не может считаться научным методом исследования вопросов.

Повторение опыта во времени. Полевой опыт с удобрениями, кроме сопутствующей повторности в пространстве, должен иметь повторение во времени. Цель этого повторения — повысить точность, достоверность выводов об эффективности удобрений и установить зависимость действия удобрений от различных метеорологических условий. Кроме того, многие удобрения обладают длительным последствием, учет которого необходимо повторить в течение ряда лет.

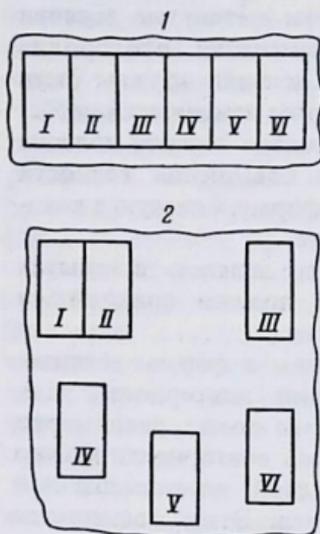
В зависимости от темы опыты с удобрениями могут быть различными по продолжительности: краткосрочными и многолетними.

В краткосрочных опытах при изучении видов, форм, доз, сроков, способов внесения удобрений, обладающих коротким последствием, для получения достоверной характеристики их эффективности необходимая повторность во времени зависит от метеорологических условий и продолжается не менее чем 3...4 года.

Многолетние опыты, в которых изучаются приемы, отличающиеся длительным последствием (известкование, дозы навоза), или разрабатывается система удобрений, должны продолжаться не менее 10 лет.

Расположение повторностей и вариантов в опыте. Способы расположения повторностей и вариантов в опыте должны охватить каждым вариантом более полно пестроту почвенного плодородия опытного участка, создать условия наилучшей сравнимости между вариантами, что в конечном счете обеспечивает большую репрезентативность (типичность) и точность опыта, повышает достоверность его результатов.

Рис. 13. Сплошное (1) и разбросное (2) расположение шести повторений опыта



На способ размещения полевого опыта оказывает влияние пестрота плодородия опытного участка, число вариантов в схеме, технические условия постановки и проведения опыта, а также общая площадь участка.

В полевых опытах с удобрениями применяют 2 способа размещения повторений (рис. 13): сплошное, когда все повторения объединены территориально, и разбросное, когда повторения по одному или по несколько расположены в разных частях поля или на различных полях. Разбросное расположение повторений чаще всего вызывается отсутствием однородного опытного участка достаточного размера для сплошного размещения всех повторений опыта.

При сплошном расположении повторности опыта могут быть размещены на участке в несколько ярусов (рис. 14).

Что же касается методов размещения вариантов опыта

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

a

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

b

III

IV

1	2	3	4	5	6	7	8
7	8	1	2	3	4	5	6
5	6	7	8	1	2	3	4
3	4	5	6	7	8	1	2

в

Рис. 14. Схемы систематического расположения вариантов и повторений в опыте:

a – однорядное последовательное; *b* – двухрядное; *в* – многорядное, ступенчатое; 1–8 – номера вариантов; I–IV – повторения

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

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

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

Рис. 15. Схемы размещения вариантов методом случайных блоков

на делянках внутри повторности, то оно может быть систематическое, стандартное и случайное (рендомизированное).

A	B	C	D	E	F
B	C	D	E	F	A
C	D	E	F	A	B
D	E	F	A	B	C
E	F	A	B	C	D
F	A	B	C	D	E

a

C	E	B	A	D	F
B	F	E	D	A	C
A	D	F	C	B	E
F	B	D	E	C	A
D	A	C	F	E	B
E	C	A	B	F	D

б

Рис. 16. Схемы размещения вариантов методом латинского квадрата
a – систематическое; *б* – рендомизированное

Систематическое размещение вариантов на делянках внутри повторений предусматривает возможно равномерное распределение одноименных вариантов на опытном участке, в заранее установленном исследователем порядке. При однорядном размещении повторений наиболее распространено последовательное расположение вариантов (рис. 14, *a*).

При двух- и многорядном расположении повторений на делянках варианты чаще всего размещают ступенчато (рис. 14, *б*, *в*). Однако следует помнить, что при любых способах размещения повторений и вариантов нельзя допускать территориального сближения одноименных делянок, следует максимально удалять их друг от друга.

Случайное расположение вариантов на делянках заключается в случайном их размещении путем жребия или по специально составленным таблицам случайных чисел. Среди случайных методов

размещения вариантов наибольшее распространение получил метод случайных блоков, или повторений (рис. 15), и метод латинского квадрата (рис. 16).

ТЕХНИКА ЗАКЛАДКИ И ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

Разбивка опытного участка. После разработки программы опыта, изучения и подготовки земельного участка необходимо нанести намеченное размещение опыта на схематический план участка, где указать размеры делянок (ширина,

вышающая допустимые пределы 5...10 см на 100 м длины, то работу повторяют.

Если нет теодолита или эккера, отбить линию под прямым углом можно при помощи самодельного эккера или с помощью шнура, рулетки, кольшков. Наиболее часто для этой цели используется теорема Пифагора (в прямоугольном треугольнике квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов) или свойство медианы равнобедренного треугольника.

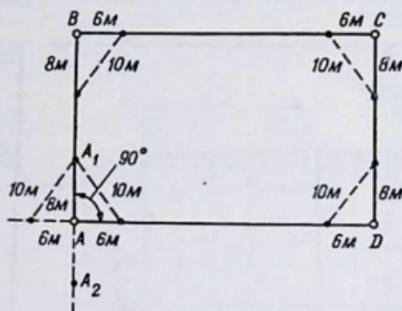


Рис. 18. Построение прямых углов с помощью шнура, рулетки, кольшков

Построение прямого угла проводят следующим образом (рис. 18). Наметив предварительно, как должен располагаться опыт, провешиваем одну линию, например AD , и ставим кольшек в точке A . По провешенной линии AD в обе стороны от точки A отмеряем по 6 м и ставим кольшки. Берем шнур длиной 20 м (или 2 шнура по 10 м) и точно в середине (10 м) привязываем шпагат. Затем концы шнура привязываем к кольшкам, которые поставлены на концах шестиметровых отрезков. Натягиваем шнур в направлении стороны, противоположной AD , и в образовавшемся углу с вершиной в точке отметки (10 м) ставим кольшек A_1 , который и будет определять направление линии AB под прямым углом. Для большей точности прямой угол отбивают и в противоположном направлении, где ставят вторую вешку A_2 . Если угол отбит правильно, то все точки A , A_1 , A_2 должны располагаться по прямой линии под прямым углом к линии AD .

После выделения основного контура опыта проводят его разбивку на делянки, повторения, выделяя дорожки и защитные полосы. Технически эта работа несложная, но требует внимания и аккуратности. Так, кольшки на границах делянок нужно вбивать точно возле отметок, все время с одной стороны шпагата. На кольшках указывать номер делянок. Каждая делянка ограничивается с обеих сторон кольшками, окрашенными светлой краской в верхней половине, на одной стороне которой, обращенной к делянке, пишется черным лаком ее номер.

По окончании разбивки опытного участка необходимо его надежно закрепить, чтобы в любое время можно было бы установить его границы. Существует довольно много систем закрепления границ опытов, но в основном все они сводятся к тому, что две (могут и 4) основные линии AD и BC (см. рис. 18) продолжают по прямой в обе стороны за пределы обрабатываемой площади, чтобы не мешать проведению полевых работ на участке, и на их продолжении устанавливают реперы — столбы, трубы и др., точно измеряют и записывают расстояние от границы опытного участка точек A, B, C, D до точек A_1, B_1, C_1, D_1 . В стационарных многолетних опытах таким способом фиксируют не только границы опыта, но и границы отдельных повторений и делянок, что значительно облегчает работы по ежегодной, часто неоднократной разбивке опытного участка и гарантирует от ошибок. Часто реперы могут выноситься на обочину прилегающей дороги или канавы.

Подготовка и внесение удобрений. Внесение удобрений представляет один из ответственных моментов полевого опыта независимо от того, является ли оно агрофоном или изучаемым фактором. Сделанные при внесении удобрений ошибки впоследствии не могут быть исправлены, а часто бывают даже не обнаружены.

Минеральные удобрения перед взвешиванием должны быть просушены, измельчены и просеяны. Дозы рассчитывают по содержанию в удобрениях питательного вещества (N, P_2O_5, K_2O). Необходимое количество каждого удобрения на делянку определяют по формуле

$$X = (ac) : (v \cdot 100),$$

где X — количество удобрения (тука) на делянку (кг);

a — доза питательного вещества (кг/га);

v — содержание питательного вещества в удобрении (%);

c — площадь опытной делянки (m^2).

Навески минеральных удобрений менее 1 кг отвешивают с точностью до одного грамма, от 1 до 10 кг — с точностью до 10 г и свыше 10 кг — с точностью до 100 г и помещают в пакеты или мешки с этикетками, на которых указано название удобрения, его количество, номер делянки, на которую оно должно быть внесено. Число навесок каждого удобрения должно быть на 1 больше требуемого количества. В поле мешки раскладывают на делянках около головного кольщика по схеме, после чего проверяют правильность их раскладки. Затем, если на одну делянку

по схеме следует внести несколько различных удобрений, их высыпают из мешков на брезент или пленку, тщательно перемешивают, высыпают в ведро и вручную равномерно рассеивают по делянке. Удобрения на каждой делянке лучше рассеивать в два приема или с таким расчетом, чтобы удобрений немного осталось, так как при нехватке удобрений на какую-то часть делянки она считается испорченной. Остаток удобрений всегда можно разбросать равномерно по всей делянке.

Рассев удобрений необходимо проводить в безветренную погоду, соблюдая и в таких условиях большую осторожность. Желательно, чтобы удобрения в тот же день были заделаны в почву.

Органические удобрения (торф, компост, навоз) по своему составу отличаются неоднородностью, что оказывает различное влияние на плодородие почвы, рост и развитие растений на отдельных делянках. Необходимой работой по подготовке навоза для опыта является его перелопачивание, проводимое 1..2 раза до внесения.

Органические удобрения обычно вносят по массе на единицу площади (в тоннах на 1 га). Можно вносить и по расчету на содержание питательных веществ так же, как минеральные удобрения (кг/га N, P, K). Органические удобрения перед внесением вывозят обычно на дорогу возле опытного участка в одну — две кучи, затем их взвешивают в корзинах, ящиках, ведрах, разносят на делянки и равномерно распределяют. Необходимо, чтобы органические удобрения были заделаны сразу после их внесения.

Обработка почвы опытных делянок. Помимо обычных требований, предъявляемых к качеству обработки, она должна отвечать требованию полной однородности на всех делянках опыта. На делянках не должно быть развальных борозд и свальных бугров.

При вытянутой форме делянок обработка почвы производится как правило по длине участка — поперек делянок. Повороты любых применяемых орудий должны производиться за пределами опытного участка.

Посев и посадка. Посев на опытных участках требует большой тщательности. Так же, как и пахоту, посев обычно производят через все делянки повторности. Важным требованием опыта является своевременный, равномерный посев доброкачественными семенами районированных сортов. Особенно тщательно для опытов необходимо отбирать посадочный материал: рассаду, саженцы, клубни картофеля.

При посадке пропашных культур необходимо следить, чтобы число растений на всех делянках было строго одинаково. Для этого ширина междурядий и расстояние в рядах должны быть рассчитаны так, чтобы на делянку приходилось целое число борозд и кустов, т. е. ширина и длина делянки должны быть кратными стандартным расстояниям между растениями. Борозды, так же как и рядки, при посеве лучше располагать вдоль участка и поперек делянок.

Число растений пропашных и овощных культур определяется площадью их питания. Норма посева культур сплошного сева рассчитывается по формуле

$$k = (av \cdot 100) : n,$$

где k — норма посева (кг/га);

a — норма посева всхожих семян на 1 га (млн.);

v — масса 1000 семян (г);

n — посевная (хозяйственная) годность семян (%).

В табл. 2 приведены примерные нормы посева для основных полевых культур, масса 1000 семян и глубина заделки.

Таблица 2. Норма посева, масса 1000 семян и глубина заделки семян полевых культур

Культура	Норма посева всхожих семян, млн./га	Масса 1000 семян, г	Глубина заделки семян, см
Озимая рожь	4...6,0	20...30	4...5
Озимая пшеница	5...6,5	25...35	5...7
Яровая пшеница	5...7,5	25...45	4...7
Ячмень	5...6	30...50	4...7
Овес	5...7	25...35	4...6
Горох	1...1,5	130...400	4...6
Лен-долгунец	25...30	4...5	1,5...2,5
Сахарная свекла	0,10...0,15	21...27	2...4
Картофель (клубни)	0,03...0,06	—	8...10

При посеве также необходимо, чтобы на делянку приходилось целое число рядков, а число растений на всех делянках было строго одинаковым и соответствовало требуемой по опыту густоте. При посеве сеялками недопустимы остановки их во время хода по площади делянок.

Посев, посадку и другие работы на опытном участке необходимо проводить одновременно на всех делянках в течение одного дня. Например, разрыв во времени посева яровых в 4...6 ч приводит к разнице в урожаях в 1...2 ц/га.

Уход за растениями и опытом. Уход за растениями на опытных делянках такой же, как и в производственных условиях за соответствующими культурами. Необходимо, чтобы все работы по уходу (прополка, междурядные обработки, полив и др.) выполнялись постоянно, одновременно и одинаково по всем делянкам. В опытах с удобрениями могут и должны применяться все существующие способы борьбы с вредителями и болезнями, которые не влияют на питательный режим почвы и растений. Несомненно, нельзя применять в опытах с изучением фосфорных удобрений суперфосфат для борьбы с полевыми слизнями или цианамид кальция при изучении азотных удобрений.

К специальным работам по уходу за опытом относятся поделка, прочистка дорожек, поддержание их и запольных участков в чистоте, отбивка защитных полос, своевременная расстановка этикеток — оформление опыта.

При сплошной обработке участков на границах различно удобренных делянок постоянно происходит некоторый перенос почвы, а с ней и внесенных удобрений с одной делянки на другую. Кроме того, растения, расположенные по краям делянок, могут использовать своими корнями питательные вещества не только со своей, но и с соседней делянки; они находятся в лучших условиях освещения. Это все несомненно оказывает влияние на рост, развитие, общий урожай растений с делянки, причем тем сильнее, чем меньше площадь делянки. Чтобы избежать при учете урожая ошибок за счет переноса удобрений и лучшего развития краевых растений, обычно учитывают не всю засеянную площадь делянки, а только центральную ее часть, обрезав полосы к краям делянки. Эти полосы называются защитными, или защитками.

Первоначальная площадь делянки, включая защитные полосы, называется опытной, а площадь, остающаяся после уборки защитных полос, — учетной и служит для учета урожая (рис. 19). Ширина защитных полос определяется в основном влиянием дополнительной площади питания, освещения и возможностью переноса удобрений с одной делянки на другую. Рядом исследователей установлено, что для зерновых вполне достаточно защитная полоса 0,5...1 м; для пропашных 1...2 ряда или 1 гряда. При проведении

опытов необходимо помнить, что защитные полосы обрабатывают, засевают, удобряют вместе со всей делянкой. Убирают растения с защитных полос перед уборкой.

Кроме защитной полосы делянки, выделяют защитную полосу вокруг всего опытного участка — защитная полоса опыта. Эта полоса находится за пределами площади опыта — опытных делянок. Убирают ее перед уборкой

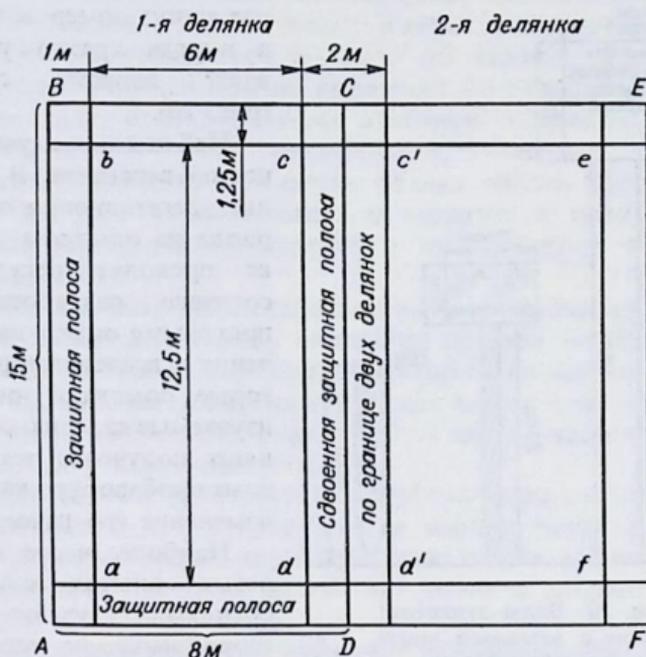


Рис. 19. Опытная и учетная площадь делянки и защитные полосы $ABCD$ и $DCEF$ — опытные делянки по 120 м^2 ; $abcd$ и $d'c'ef$ — учетные делянки по 75 м^2

деляночных защитных полос или одновременно с ними. Ширина ее может быть различной — от одного до двух десятков метров.

К специальным работам на опытном поле относится оформление опыта: расстановка этикеток по делянкам, которые облегчают проведение наблюдений и учет урожая, уменьшают возможность ошибок при внесении удобрений и т. д. Желательно, чтобы этикетки стояли на всех делянках с самого начала вегетации. Однако во время обработки почвы, внесения и заделки удобрений, посева или посадки колышки часто ломаются, пачкаются, перетаскиваются с одной делян-

ки на другую. В связи с этим первичную разбивку опыта проводят, применяя старые колышки или ветки. После появления всходов, выделения дорожек устанавливают этикетки и колышки — оформляют опыт. В начале опытного участка ставят большую этикетку, выкрашенную в белый цвет, на которой масляной краской или лаком пишут название опыта. В левом крайнем углу каждой делянки ставят неболь-

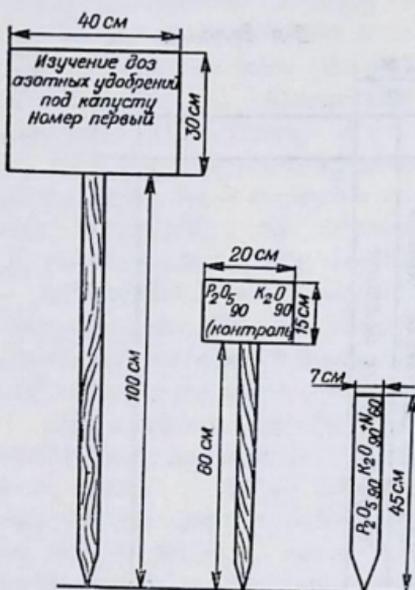


Рис. 20. Виды этикеток:
1 — большая с названием опыта, 2 и 3 — подслянчные

шие колышки-этикетки, где пишут номер делянки, а иногда кратко указывают вариант опыта (рис. 20).

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

Наиболее часто в полевых опытах с удобрениями изучают метеорологические условия, агрохимические и агрофизические свойства почвы,

ведут фенологические наблюдения за растениями, проводят учет прироста зеленой массы и накопление сухого вещества, определяют высоту растений, рост и развитие корневой системы, учитывают урожай, его структуру и др.

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

статистической обработке для оценки степени их точности и достоверности.

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

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

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

При исследовании динамики какого-либо процесса, например определения различных форм азота, фосфора или накопления зеленой массы, целесообразно установить календарные сроки для взятия образцов, наблюдений. Чтобы полнее выяснить динамику изучаемого явления, необходимо вести наблюдения с возможно малыми промежутками. Наиболее ответственные наблюдения проводят с интервалами 5...10...15 дней (поступление элементов питания, рост, наступление фаз и др.).

При проведении исследований применяется выборочный метод учета — метод проб. Проба (выборка) — это небольшое число единичных объектов, взятых из большого собрания объектов, называемого совокупностью. Для получения объективных и точных результатов при проведении исследований большое значение приобретает правильная методика отбора проб. Она должна быть направлена на то, чтобы

каждый образец возможно точнее отражал действительное состояние исследуемых признаков на делянке. Методика отбора растительных образцов зависит от вида опытной культуры, задач и схемы опыта и характера исследований.

Для определения прироста сухого вещества, измерения высоты растений, изучения процесса накопления в растениях или его органах элементов питания, а также для биохимического анализа растительные пробы для культур сплошного сева (зерновые, лен, травы и др.) отбираются с пробных рядков (метровок) или с пробных площадок (0,25...1 м²),

выделяемых и закрепляемых кольшками на учетной площади делянок.

Для пропашных культур (картофель, свекла, морковь и др.) вместо проб с рядков или площадок берут определенное число растений.

Не менее важен вопрос и о способе взятия проб. Ряд исследователей считает правильным отбирать пробу путем рендомизации, т. е. случайно. Однако значительно чаще пробы отбирают, применяя систему размещения их на делянке (по диагонали

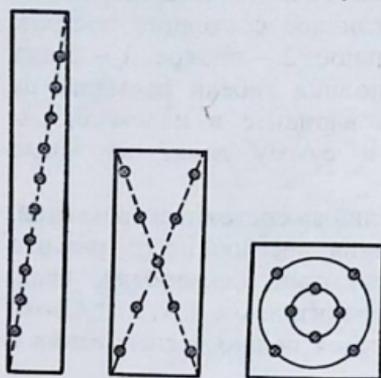


Рис. 21. Расположение точек взятия индивидуальных образцов на делянках разной формы

через определенные расстояния или через определенное число растений).

Что касается отбора почвенных образцов (проб), то в полевых опытах с удобрениями пробы необходимо брать с делянок всех повторностей вариантов опыта по схеме (рис. 21). С каждой делянки берут смешанный образец, который состоит из 20...25 индивидуальных. Образцы в поле отбирают специальным буром. Индивидуальные образцы, взятые на делянке, там же в поле ссыпают вместе, тщательно перемешивают на бумаге, мешке или пленке и отбирают среднюю пробу массой 200...300 г, которую помещают в коробку или мешочек с этикеткой, где указано: опыт, № делянки, вариант, повторность, дата отбора образца и подпись взявшего пробу.

Подготовка почвы к анализу зависит от характера исследований. При определении нитратов, аммиака вытяжку готовят из свежей почвы, так как эти элементы при хранении почвы

могут подвергаться изменениям. Для других видов анализа почву тонким слоем рассыпают на бумаге и высушивают в тени до воздушно-сухого состояния, затем просеивают через сито с отверстием 1 мм (корешки, корни, камни и другие примеси перед растиранием почвы следует удалить). Подготовленные образцы хранят в закрытых коробках или банках в сухом, чистом от газов и паров помещении.

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

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

Фенологические наблюдения за посевами

Опыт _____ Культура _____ Сорту _____

Вариант опыта	Дата посева	Даты наступления фаз						Дней от начала всходов до полной спелости	Густота стояния на 1 м ²			
		Всходы			выход в трубку	колошение	Спелость			при уборке	количество растений, сохранившихся к уборке, %	
		начало	полные	кущение			молочная		восковая			полная

Данные фенологических наблюдений используются для вычисления периодов между фазами и определения общей длины вегетационного периода растений.

У зернобобовых растений (горох, фасоль, бобы, чина) отмечают посев, всходы, начало цветения, полное цветение, полное созревание, уборка; у бобовых трав: посев, всходы, образование боковых побегов, образование соцветий, цветение, хозяйственная спелость, дата уборки, у многолетних

трав — возобновление вегетации весной и начало отрастания после каждого укуса.

У картофеля отмечают посадку, полные всходы, бутонизацию, цветение, клубнеобразование, начало естественного отмирания ботвы, дата уборки.

У свеклы, моркови, редиса, репы отмечают посев, всходы, начало пучковой спелости, стрелкование, начало технической (товарной спелости), дату уборки.

Определение площади листьев и фотосинтетического потенциала. Урожай обуславливается в основном площадью листовой поверхности растений, длительностью их активной деятельности и продуктивностью фотосинтеза растений. Периодическое определение площади листьев растений дает возможность объяснить различия в урожаях по вариантам полевого опыта.

Листовая поверхность может быть определена методом высечек. С опытной делянки берут не менее 10 растений и обрывают листья. Затем из этих листьев при помощи сверла делают 20...50 высечек общей площадью не менее 10...20 см² и взвешивают. Одновременно определяют общий вес всех листьев пробы. Рассчитывают площадь листьев по формуле

$$S = (PS_1n):P_1,$$

где S — общая площадь листьев пробы (см²);

P — общая масса листьев (г);

P_1 — масса высечек (г);

S_1 — площадь высечки (см²);

n — число высечек.

Зная число растений на гектаре, можно вычислить их общую листовую поверхность.

Периодические измерения листовой поверхности растений дают возможность определить показатель, характеризующий фотосинтетическую работу растений за вегетацию. Этот показатель называется фотосинтетическим потенциалом. Его рассчитывают путем суммирования площади листьев на 1 га посева за каждый день вегетационного периода. Суммирование производят графически.

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

Для оценки термических условий периода вегетации необходимо знать сумму активных температур, т. е. потребность в тепле в период активной вегетации. Для различ-

ных культур сумма активных температур варьирует от 1200...1300° (для гороха, ячменя, озимых) до 2200...2700° (для кукурузы и др.).

Для характеристики режима увлажнения в настоящее время используют гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова, который вычисляют по формуле: $ГТК = \text{сумма осадков в мм} : (0,1 \times \text{сумма активных температур в град.})$. Сумма осадков подсчитывается за период с температурой воздуха выше 5°, 10°, 15°. ГТК можно использовать для оценки эффективности применяемых удобрений в зависимости от условий увлажнения, установив начало, конец и продолжительность избыточно влажных, засушливых и сухих периодов во время вегетации растений. При этом если ГТК больше 2, то имеет место избыточное увлажнение, при ГТК равном 1...2 — условия увлажнения удовлетворительные, от 1 до 0,5 — наблюдается небольшой недостаток влаги — засушливый период, когда ГТК менее 0,5, наблюдается сухой период — засуха.

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

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

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

Затруднения в использовании внешних признаков для диагностики питания заключается в том, что недостаток

того или иного элемента у различных культур может проявляться по-разному. Кроме того, схожие признаки могут появляться у растений в результате не только недостатка элементов питания, но и под влиянием внешних условий. В основе визуального метода лежит знание признаков голодания растений.

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

Высота стеблей. В опытах она измеряется в период полного цветения или перед уборкой. Среднюю высоту растений определяют суммой промеров всех растений на 1 м^2 и делением на число растений; метровки закладывают в 4...8 местах делянки в зависимости от ее размера.

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

У озимых и яровых зерновых, прядильных культур густоту стояния определяют 2 раза: после полных всходов и перед уборкой или во время уборки. Первый подсчет позволяет проверить норму посева и полевую всхожесть, а также установить густоту стояния по вариантам опыта. Второй подсчет дает возможность установить количество сохранившихся к уборке растений.

У пропашных культур сплошной подсчет растений делают после прорывки и перед уборкой на небольших делянках (до 100 м^2) на всей площади, а на делянках более 100 м^2 выделяют 4 площадки в разных местах делянки с общим числом растений не менее 100. Делением суммарной площади учетных делянок на число растений находят площадь питания одного растения.

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

Для определения энергии кушения берут некоторое число рядков по 1 пог. м (по 2 параллельных рядка), составляющих 1 м² или несколько квадратных метров в зависимости от величины делянки. Рядки располагают в разных местах делянки, лучше всего по диагонали.

Затем подсчитывают число стеблей (побегов) на 1 пог. м, делят на число растений (кустов) и получают величину энергии кушения. Из величин, полученных для каждого рядка погонного метра, находят среднее на 1 м².

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

Отбор растительных проб на посевах зерновых культур ведут на делянках двух повторений опыта. На каждой делянке выбирают и закрепляют кольшками 4 площадки, типичные для всего опыта. Площадки (не менее 4 м²) располагают по возможности у краев делянки на учетной ее части. С выделенных площадок образцы растений берут рядками или квадратами по 0,25 м². С каждой площадки отбирают не менее одного квадрата 0,25 м² или 4 погонных полуметра при междурядье 12,5 см. Рядки берут по 2 смежных в различных местах пробной площадки.

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

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

Для пропашных культур (картофель, свекла) отбирают определенное число растений (100 растений свеклы в начале вегетационного периода и по 10...20 корней свеклы или

кустов картофеля во второй половине вегетации). Для определения динамики накопления урожая клубней и выноса из почвы питательных веществ картофелем пробы берут в период вегетации в основные фазы роста и развития растений.

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

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

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

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

гический урожай зерна и соломы. Данные анализа пробного снопа (снопового образца) записывают по следующей форме:

Анализ пробного снопа

Опыт _____ Культура _____ Сорт _____

Вариант опыта	Дата уборки	Количество		Кусти- стость		Колос				Масса на 1 м ²		Масса 1000 зерен, г	Биологи- ческий урожай, ц/га			Соотношение зерна и соломы		
		растений	стеблей			общая	продук- тивная	длина, см	число ко- лосков	число зерен	масса зерна, г		растений	зерна	общий		зерна	соло- мы
				с коло- сом	растений													

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

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

Структура урожая картофеля *

Вариант опыта	Число растений на 1 га	Масса ботвы с 1 куста, г	Число клубней с 1 куста				Масса клубней с 1 куста, г				Биологический урожай, ц/га							
			всего	крупных	средних	мелких	всего	крупных	средних	мелких	всего	крупных	средних	мелких				

* При определении структуры урожая картофеля клубни сортируют по фракциям: крупные — более 100 г, средние — 50...100 г, мелкие — менее 50 г. Товарность урожая определяется по фракциям крупных и средних клубней.

Учет урожая. Уборка — завершающий и наиболее ответственный этап полевого опыта. За несколько дней до начала уборки следует внимательно осмотреть опытный участок, восстановить его границы, выделить каждую делянку, при необходимости сделать выключки или выбраковку целых делянок. Выключка — часть учетной делянки, исключаемая из учета вследствие случайных повреждений или ошибок, допущенных во время работы. При проведении опытов с удобрениями допускаются следующие основания для выключек или браковки целых делянок: а) повреждения,

вызванные стихийными явлениями природы (заморозки, дождь, град и др.); б) случайные повреждения в результате погрызов скотом, птицей, грызунами и пр.; в) ошибки при закладке и проведении опытов.

Принято считать, что если выключки составляют более 25% всей площади делянки или более 50% учетной площади, то целесообразно выключать всю делянку. При незначительном изреживании растений, чтобы исключить влияние выключек на результаты учета урожая и получить сравнимые данные, вносят поправки на изреженность, пользуясь для этих целей формулой:

$$S = (P - H) П,$$

где S — фактическая учетная площадь делянки (m^2);

P — расчетное число растений на делянке (шт.);

H — число недостающих растений (шт.);

$П$ — площадь питания одного растения (m^2).

Пример. На делянке с учетной площадью $50 m^2$ должно быть 250 растений картофеля. Выпало 20 кустов, перед уборкой урожая удалено еще 30 кустов, граничащих с пустыми промежутками, т. е. на делянке недостает 50 кустов. Площадь питания 1 растения картофеля — $0,2 m^2$, следовательно, фактическая учетная площадь делянки будет не $50 m^2$, а $S = (250 - 50) \times 0,2 = 40 m^2$.

Прежде чем приступить к уборке урожая с учетных делянок, убирают защитные полосы, выключки, выбракованные делянки, урожай с которых выносятся за пределы опытного участка. После такой подготовки приступают к уборке урожая на учетных делянках, причем уборка на всех делянках должна быть закончена за 1, в исключительных случаях за 2 дня.

В исследовательской работе, при проведении полевых опытов с удобрениями, применяют 2 метода учета урожая: сплошной (прямой) и выборочный (косвенный).

Лучшим, более точным и наиболее правильным для различных культур является метод сплошного учета урожая. При этом урожай каждой делянки взвешивают и учитывают отдельно. Метод применим для учета урожая всех культур.

В отдельных случаях применяют выборочный метод учета. Применение этого метода сводится к тому, что учет урожая проводится по пробному снопу, площадкам, полосам, линейному метру, гнездам или отдельным растениям. Наиболее точен из них учет по пробному снопу, который применяют в опытах с зерновыми, прядильными и кормовыми культурами.

Прямой метод учета урожая наиболее прост и надежен. Убирать хлеба сплошным методом можно как вручную, так и машинами. Когда площадь учетных делянок небольшая (менее 100 м²), урожай убирают вручную серпом или косой. Урожай с каждой делянки связывают в снопы, пересчитывают их и складывают в копны или бабки для просушки. Затем снопы перевозят в сарай (или на ток) для досушивания. При вывозке с поля к снопам привязывают этикетку с номером опыта, делянки, числа снопов. Этикетка сохраняется до последнего взвешивания.

Перед обмолотом снопы взвешивают на десятичных весах, при этом проверяют число снопов с каждой делянки, указанное на этикетке. Снопы обмолачивают на любой молотилке. Затем намолоченное зерно взвешивают. Вес соломы находят по разности между общей массой снопов до обмолота и весом зерна. Обязательно отбирают пробы зерна на влажность для пересчета урожая зерна на стандартную влажность 14%.

В полевом опыте при прямом методе учета урожая можно убирать комбайном. Комбайн можно использовать при уборке сравнительно небольших делянок — 100...300 м².

При этом необходимо, чтобы ширина учетной делянки была кратной рабочему захвату комбайна (3,8 м). Для обеспечения разворота комбайна в полевых опытах с большим числом вариантов целесообразно вести уборку на одноименных делянках по повторностям (по вариантам схемы опыта), а при более широких схемах — в пределах одной повторности через 6...8 делянок.

При уборке урожая комбайном имеется возможность сортировать и взвешивать зерно в поле. Здесь же учитывается урожай соломы и мякны. При уборке комбайном с каждой делянки отбирают пробы для определения влажности зерна. Зерно с каждой делянки ссыпают в мешки, снабжают этикетками и взвешивают. Солома остается на каждой делянке. После учета урожая зерна ее собирают и взвешиванием определяют урожай с каждой делянки опыта.

При учете урожая по пробному снопу в сушилку и учетный обмолот поступает не весь урожай с делянки, а средняя проба из него — пробный сноп.

Уборку ведут также по делянкам, но перед связыванием снопов из каждого приготовленного жнецами снопа, при уборке косами — из каждого ряда через определенное число шагов берут горсти, которые составляют пробный сноп. Пробный сноп со всех делянок должен брать один человек.

Затем весь урожай с делянки взвешивают в поле на десятичных весах. Пробный сноп также кладут на весы. После этого его взвешивают с точностью до 10 г отдельно на более точных весах. Таким образом узнают, какую часть общего урожая учетной делянки составляет пробный сноп. Сноп укладывают в мешок колосьями вниз, чтобы не было потерь зерна. К мешку привязывают деревянную этикетку с указанием названия опыта, номера делянки, массы снопа и времени уборки. Записи в поле проводят в полевом дневнике.

Масса пробного снопа должна быть не менее 1...2% от урожая делянки. Для зерновых культур и конопли пробный сноп составляет не менее 4...5 кг, для трав — 6...8 кг, для льна — 2...3 кг. Для большей точности следует брать 2 пробных снопа с каждой делянки.

Далее всю работу выполняют только с пробными снопами. Их высушивают в сарае и через 1...2 нед взвешивают. Взвешивание повторяют через каждые 3 дня до установления постоянной массы снопов, затем их обмолачивают. Перед обмолотом каждый сноп взвешивают вместе с мешком. После обмолота взвешивают зерно с мешком с точностью до 1...5 г. Массу соломы определяют по разности между первой и второй массой.

Пробные снопы обмолачивают или небольшими молотилками, или палками в мешках. Провеивание и взвешивание зерна со всех делянок необходимо провести в один день.

Расчет урожая зерна с делянки ведут по формуле

$$x = A(B : B),$$

x — урожай зерна с делянки (кг);

A — урожай общей массы с делянки (кг);

B — масса сырого пробного снопа (кг);

B — масса зерна с пробного снопа (кг).

Так же можно вычислить и урожай соломы.

Метод учета урожая по пробному снопу дает вполне удовлетворительные результаты. Преимущество косвенного метода заключается в том, что он не требует больших помещений для хранения поделяночных урожаев до обмолота, что очень удобно при проведении большого числа опытов.

В качестве исключения, для быстрого ориентировочного определения урожая культур может быть применен метод линейного метра, суть которого в том, что линейные метры накладывают на всей делянке по диагонали или

в шахматном порядке и учитывают урожай с двух соседних рядков, расположенных вдоль линейного метра. Скошенные пробы складывают, обмолачивают, взвешивают и определяют массу с 1 м рядка. Урожай определяют по формуле

$$x = (B \cdot 10) : a,$$

где x — урожай (ц/га);

a — ширина между рядов (см);

B — масса зерна с одного рядка (г).

Точность этого метода, так же как и других выборочных методов, невелика. Методы косвенного учета допустимы в тех случаях, когда создаются неблагоприятные условия для сплошного учета (дождливая погода, большое количество делянок, отсутствие возможности для уборки, сушки, обмолота сплошным методом в сжатый срок).

Учет урожая пробными площадками, метровками, отдельными бороздами менее точен и в полевых опытах с удобрениями не применяется. От метода учета урожая по пробному снопу они отличаются тем, что отсутствует взвешивание всего урожая с делянки. Значит, мы преднамеренно уменьшаем площадь делянки, а это ведет к значительному увеличению ошибки опыта.

Урожай льна, конопли, многолетних трав учитывают как сплошным методом, так и методом пробного снопа.

Урожай корнеклубнеплодов (свекла, картофель), овощных и других пропашных культур учитывают прямым методом. Необходимо, чтобы убранный урожай корнеклубнеплодов проветрился, земля на них подсохла и осыпалась. При большой загрязненности клубней или корней необходимо пробы брать массой по 20 кг.

При уборке пропашных культур необходимо учитывать не только основную продукцию (клубни, корни, кочаны и т. п.), но и побочную со всеми отходами урожая (стебли и шляпки подсолнечника, ботва, внешние листья капусты и т. п.). Кроме того, перед уборкой пропашных культур подсчитывают число растений, чтобы узнать количество выпавших растений и ввести поправку на недостающие. Выпадение растений не должно быть связано с изучаемым фактором и превышать 20...30% от общего числа растений на делянке.

При выпадении большого количества растений из учета исключается вся делянка. Для введения поправки на недостающие (выпавшие) растения фактический урожай с де-

лянки делят на фактическое число кустов (корней, кочанов), подсчитанных при уборке, находят среднюю массу урожая с куста (корня, кочана). Затем его умножают на число недостающих растений, вычисляют их массу и прибавляют ее к фактическому урожаю. Таким образом, по средней массе одного учтенного растения, умноженной на нормальное число растений, восстанавливают истинную массу урожая с делянки.

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

Образец записи и пересчета при сплошном учете урожая

№ делянки	Вариант опыта	Учетная площадь, м ²	Кoeffициент пересчета на 1 га	Урожай с делянки, кг			Урожай, ц/га		
				общей массы	зерна	соломы	общей массы	зерна	соломы

Образец записи и пересчета при учете урожая по пробному снопу

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

Урожай овощных культур учитывают чаще всего сплошным методом. Урожай многосборных культур (огурцы, томаты, капуста раннеспелая и цветная, бахчевые) убирают регулярно по мере созревания (наступления технической спелости), не допуская перезревания. Одноборовые культуры (лук, корнеплоды, капуста поздняя и др.) убирают в один прием на всех делянках опыта.

При уборке и учете урожая овощных культур следует придерживаться требований по подготовке их к реализации, установленных государственными стандартами, например:

зачищать кочаны капусты от наружных листьев, обрезать листья у цветной капусты, очищать корнеплоды от ботвы и т. д. Вся валовая продукция сортируется на товарную и нетоварную.

Характеристика качества урожая. В полевых опытах с удобрениями, кроме учета влияния изучаемого приема на величину урожая, важно иметь оценку его влияния на качество урожая.

Учет качества урожая в полевом опыте представляет значительный интерес и повышает практическую ценность результатов опыта.

Для зерновых (рожь, пшеница, ячмень, овес, рис, кукуруза и др.), зернобобовых основными показателями качества продукции являются: сухое вещество в зерне и побочной продукции, содержание азота, фосфора, калия в зерне и побочной продукции, белок в зерне, масса 1000 зерен. Кроме этих показателей могут определяться и другие, например: в зерне пивоваренного ячменя — крахмал, у сои — жир и т. д.

Для сахарной свеклы — сухое вещество, азот, фосфор, калий в корнях и побочной продукции, сахар в корнях.

Для картофеля — сухое вещество, азот, фосфор, калий в клубнях и ботве, крахмал в клубнях.

Для овощных культур — сухое вещество, азот, фосфор, калий, аскорбиновая кислота и каротин в основной продукции и побочной.

Для однолетних, многолетних трав, сенокосов, пастбищ, кукурузы на силос — сухое вещество, крахмал, сырой протеин, клетчатка, жир, калий, фосфор, кальций, магний, каротин и др.

Для прядильных культур основной показатель качества — выход волокна и его номерность.

При отборе средних проб для химического анализа необходимо помнить, что они отбираются с каждой повторности, иногда из-за невозможности проанализировать все повторности ограничиваются 2...3 образцами с варианта. Все полученные данные обрабатываются статистически.

Статистическая обработка урожайных данных опыта. Обработка результатов полевых опытов включает агрономический анализ и статистическую оценку.

Агрономический анализ является основой для сравнительной оценки действия удобрений, т. е. анализа методики и техники полевого опыта. Никакая статистическая обработка не поможет из плохого опыта получить ценные

в научном и практическом отношении результаты. В то же время она не может и заменить квалифицированного агрономического анализа результатов опыта и наблюдений.

Статистическая обработка позволяет определить границы возможных случайных отклонений, т. е. точность опыта, и установить достоверность различий между средними результатами по вариантам опыта. Она проводится по Доспехову [Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 3-е изд., перераб. и доп. М., 1973, с. 202].

Отчет по полевому опыту. Важный этап любой экспериментальной работы — оформление ее результатов в виде краткого отчета. Для отчета по опытам служат дневник и журнал полевого опыта. К отчету по полевому опыту предъявляются следующие основные требования: наличие ведущей идеи (гипотезы), фактическая достоверность полученных данных, логическая последовательность, ясность, краткость и убедительность изложения.

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

Базой для летней учебной практики студентов факультета агрохимии и почвоведения является опытное поле кафедры агрохимии. Группа студентов разбивается на группы по 3...4 человека во главе со старшим. Каждая группа выбирает одну из тем по изучению различных видов форм, доз или сроков внесения удобрений, включающей 3...5 вариантов, 4...5-кратную повторность, разрабатывает программу и выполняет почти все перечисленные выше работы по технике закладки и проведению полевого опыта.

Во время прохождения практики студенты ведут тетрадь (дневник), в который заносят все данные по проведению полевого опыта: тема, схемы, расчеты, размеры и расположение делянок, общая площадь под опытом, потребность в удобрениях, наблюдения, учет урожая различными методами и т. п.

Практика заканчивается сдачей отчета каждым студентом, на основании которого преподаватель зачитывает практику по методике и технике проведения полевого опыта.

В период проведения полевого опыта студенты отбирают образцы почвы и растений поделяночно, анализ которых проводят во время лабораторно-практических занятий.

Раздел III

АНАЛИЗ РАСТЕНИЙ КАК МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ПИТАНИЯ И УСТАНОВЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ В УДОБРЕНИЯХ

Возрастающее с каждым годом производство минеральных удобрений для сельского хозяйства требует наиболее эффективного и рационального их применения. Большую помощь в решении этого вопроса наряду с различными агрохимическими методами оказывает метод растительной диагностики — один из методов диагностики питания растений и установления потребности их в удобрениях.

Растительная диагностика — метод комплексный, основывается на данных физиологии растений, биохимии, агрохимии, почвоведения и т. д. А. В. Соколов определил растительную диагностику как науку о питании растений в различных полевых условиях, изучающую суммарное воздействие множества факторов на растение. Ряд ученых, в их числе Д. А. Сабинин, А. В. Соколов, В. В. Церлинг, К. П. Магницкий, считают метод диагностики питания растений перспективным.

Методы диагностики основаны на непосредственном анализе возделываемых растений, позволяют более быстро и точно установить их потребность в питательных веществах и состояние питания, чем полевой опыт или анализ почв. Несомненно, сочетание полевого опыта с диагностическим анализом дает наиболее обоснованные выводы относительно питания растений.

Из применяемых методов растительной диагностики можно выделить два — визуальную и химическую.

ВИЗУАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА

Недостаток любого питательного элемента нарушает нормальный ход биохимических процессов в растениях. Это ведет к нарушению характера роста и развития растений, изменению морфологических и анатомических показателей, появлению характерных признаков (симптомов) недостаточности на листьях и других органах. Использование этих признаков для определения потребности растений в удобрениях составляет основу метода визуальной диагностики.

Метод листовой диагностики широко используется в практике, особенно в защищенном грунте. Применяя этот метод, можно осуществлять контроль за состоянием обеспеченности растений питательными элементами, прогнозировать урожай на основе обеспеченности растений основными питательными элементами, установить причины нарушения режима питания с появлением внешних признаков и др.

Основные признаки недостатка элементов питания следующие: 1) изменение окраски листьев, обесцвечивание главной жилки; 2) изменение толщины кожицы (утолщение, опробковение) и деформирование плодов; 3) изменение формы и размера листьев, междоузлий и плодов; 4) приостановка роста, слабое развитие корневой системы; 5) появление клейвидных выделений, особенно на ветках и стеблях и т. д.

При обнаружении признаков, характерных для явлений, связанных с недостатком питания, прежде всего следует установить, сказывается ли недостаток питательного вещества на всем растении или действие его локализовано только на молодых листьях и точках роста.

Для того чтобы установить причины появления у растений признаков голодания в конкретной обстановке, необходимо иметь четкое представление о физиологической роли отдельных питательных элементов, о потребности растений в них, о содержании и формах их в почве, об их превращениях и других условиях внешней среды, которые оказывают влияние на питание растений.

Недостаток азота прежде всего сказывается на изменении зеленой окраски листьев, которое начинается с нижних листьев. Окраска переходит в светло-зеленую, а затем желтую с оранжевым и красным оттенками, в зависимости от вида растений. Пожелтение иногда сопровождается высыханием и отмиранием листьев.

Не менее характерным признаком азотного голодания является сильная задержка в росте — уменьшение образования новых побегов, утончение стебля, уменьшение размера молодых листьев, которые при недостатке азота становятся тонкими и узкими. Признаки азотного голодания встречаются на всех видах почв и в любой период развития.

При раннем проявлении признаков азотного голодания у растений необходимо провести подкормку аммиачной селитрой (0,5...1,5 ц/га) или навозной жижей (5...10 т/га). В более поздние сроки возможно применение внекорневых подкормок растворами мочевины.

Недостаток ф о с ф о р а прежде всего сказывается на молодых растениях и выражается в замедленном росте и развитии (мелкие листья, бутонизация и цветение задерживается) растений. Кроме того, зеленая окраска листьев, черешков тускнеет и переходит в пурпурную. При этом листья и побеги отмирают. Признаки недостатка фосфора появляются сначала на нижних листьях и побегах.

При проявлении признаков фосфорного голодания у растений их рекомендуется подкормить суперфосфатом (1...2 ц/га). Учитывая действие суперфосфата, в последующие годы на этих участках необходимо вносить повышенные дозы фосфорных удобрений, применяя обязательно припосевное их внесение.

При недостатке калия у растений молодые листья становятся темно-зелеными с голубоватым оттенком. Листья более старые желтеют, отмирание их ткани начинается с верхушки и распространяется вниз по краям, а затем между жилками. Краевой «ожог», или «запал», листьев — характерный признак калийного голодания. Кроме того, признаком недостатка калия растений является морщинистость и закручивание листьев. Дозы калийных удобрений для подкормок различных культур — 0,5...2,0 ц/га.

Недостаток калия у растений обычно становится заметен не в начале, а в середине вегетации, в период сильного роста, поэтому подкормки калийными удобрениями бывают мало эффективны.

Недостаток магния наблюдается редко, в основном на легких почвах, у растений, имеющих крупные листья (свекла, табак и др.). Основные признаки магниевое голодания — появление на нижних листьях пятнистости, полосатости, светло-зеленых пятен между жилками, при этом сами жилки остаются зелеными. Кончики листьев и края при сильном недостатке магния загибаются. Края листьев становятся морщинистыми и постепенно отмирают.

При появлении признаков недостатка магния в ранние фазы роста и развития растений эффективны немедленные подкормки содержащими магний удобрениями (калмаг, калимагнезия, доломитовая мука) по 1...3 ц/га.

При недостатке кальция у растений наблюдается побеление верхушек у молодых листьев. Молодые листья — мелкие и искривленные. При остром недостатке кальция у растений отмирает верхушечная почка. В период плодоношения и формирования плодов признаки кальцевого голодания проявляются на растениях и на плодах.

Основная мера борьбы с кальциевым голоданием — известкование на кислых почвах, внесение кальциевой селитры, гипса, суперфосфата в почву или опрыскивание растений 0,5...1%-ным раствором кальциевой селитры при других условиях.

Марганцевое голодание растений встречается на почвах с нейтральной и щелочной реакцией. Более резко оно выражено на торфяниках и карбонатных почвах. Избыток железа усиливает марганцевое голодание.

Выше были рассмотрены основные признаки голодания растений по макроэлементам. Растения потребляют, хотя и в незначительных количествах, и микроэлементы и часто испытывают в них недостаток. Основная причина этого явления — низкая их доступность растениям. Определение потребности в микроэлементах как по внешнему виду растений, так и по анализу почвы очень сложно. По внешнему виду можно выявить только очень острый их недостаток. Среди микроэлементов, недостаток которых наиболее часто наблюдается у растений, следует отметить бор, медь, цинк.

Недостаток бора чаще наблюдается у растений на карбонатных, заболоченных и кислых почвах, после известкования таких культур, как свекла, капуста, брюква, и проявляется в посветлении верхушки растений и верхних молодых листьев, отмирании точки роста, опадении цветков и т. п. При слабой выраженности болезни наблюдается отсутствие завязывания семян, длительное цветение, малый урожай семян. При этом недостаток бора наблюдается чаще в засушливые годы и при избыточном внесении азотных и известковых удобрений.

Недостаток меди у растений вызывает хлороз листьев, потерю ими тургора, увядание, задержку стеблевания и слабое образование репродуктивных органов. Признаки недостатка меди наблюдаются на молодых частях растений у пшеницы, ячменя, овса, лука, цитрусовых культур.

Недостаток цинка обнаруживается на различных по механическому составу почвах, что, по-видимому, связано с различным содержанием его в почвообразующих породах.

Недостаток цинка у растений вызывает хлороз листьев с последующим их отмиранием, розетчатость или мелколиственность. Рост листьев при недостатке цинка неравномерный, что ведет к появлению у них волнистых краев и асимметричности. Наиболее чувствительны к недостатку цинка томаты, яблоня, фасоль.

При недостатке молибдена ослабляется зеленая окраска листьев вследствие нарушения азотного обмена, появляется хлороз по краям листьев. При сильном недостатке молибдена хлорозные ткани отмирают, листья искривляются, листовая пластинка не образуется, точка роста отмирает. Наиболее ярко выражается недостаток молибдена у цветной капусты, клевера, томатов.

Основные меры борьбы с недостатком микроэлементов — внесение их в почву. Однако широкое применение находит предпосевная обработка семян микроэлементами и опрыскивание растений их растворами в период вегетации.

На рост, развитие и изменение внешних признаков растений оказывает влияние не только недостаток, но и избыток как микроэлементов, так и макроэлементов.

Помимо признаков недостатка или избытка того или иного элемента питания, появляющихся на надземной части, для уточнения визуально-диагностического заключения используют и окраску корней. В исследованиях Ульяновского СХИ наблюдалось изменение окраски (посветление) корней растений, которые испытывали недостаток азота, по сравнению с корнями нормально питающихся растений. При недостатке фосфора, наоборот, корни приобретали более темную окраску.

Практические меры при недостатке элементов питания рекомендуется применять в том случае, если визуальные признаки выражены четко и сильно. Когда признаки недостаточно характерны, необходимо использовать другие методы, например химический анализ растений и почв.

Визуальная диагностика минерального питания растений — один из наиболее простых и легкоприменяемых методов. Однако он не лишен ряда существенных недостатков. Основные из них следующие: сходство ряда признаков, вызванных нарушением питания, с повреждением растений болезнями, вредителями, неблагоприятными климатическими условиями; кроме того, сходные признаки могут быть вызваны неблагоприятными физико-химическими свойствами почвы, например низкой или высокой концентрацией ионов водорода (рН); часто признаки недостаточности у растений проявляются настолько поздно, что применение соответствующих удобрений не может полностью восстановить нормальное состояние и продуктивность растений.

В связи с этим метод визуальной диагностики для получения достоверных данных следует дополнить другими методами.

ХИМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА

Химическая диагностика основывается главным образом на валовом анализе и анализе растворимых неорганических форм питательных элементов в растительных пробах, которые могут быть представлены различными органами растений.

Выбор органа для анализа зависит от метода химической диагностики: для валовых анализов отбирают либо листья, либо всю надземную часть; для анализов неорганических — минеральных соединений (подвижных элементов) — чаще отбирают черешки, главные жилки листьев и стебли, т. е. сосудисто-проводящие системы, в основном в нижних ярусах растений.

Отбор проб растений для анализа является весьма ответственным моментом. Проба должна характеризовать среднее состояние растений на данном участке (делянке).

Общим требованием отбора образцов является единая система техники отбора, подготовки и хранения проб: взятие со всех растений строго средних частей, одинаковых по возрасту, расположению на растении, отношению к солнечному освещению, ярусности, отсутствию заболеваний, повреждений и т. п.

Сроки проведения диагностического контроля (отбора проб) питания растений устанавливают, исходя из следующих положений. Условия питания молодых растений во многом определяют будущий урожай, поэтому важно начинать диагностику с молодых растений. Элементы структуры урожая формируются в разные фазы, и диагностику надо приурочивать к этим фазам, причем чем раньше обнаружен недостаток какого-либо элемента, тем раньше можно проводить подкормки, исправляя сложившееся положение.

Основываясь на этих положениях следует контролировать питание растений несколько раз за вегетацию, хотя иногда отбор проб проводят всего один раз за вегетацию, чаще в середине сезона (июль — август) или при уборке.

Для полевых культур рекомендуются следующие сроки отбора:

I срок: у льна — фаза «елочки»; у злаковых, бобовых, томатов, огурцов и других однолетних и двулетних культур — фаза трех листьев (кущение).

II срок: у зерновых — выход в трубку; у картофеля, конопли — образование соцветий; у корнеплодов, капусты — развертывание 6-го листа — фаза нарастания розетки.

III срок: у большинства растений — фаза цветения; у капусты — начало завязывания кочана.

IV срок: у всех культур во время уборки урожая — для учета выноса питательных веществ и влияния питания на урожай и его качество.

Во всех случаях пробы отбирают в одни и те же часы суток, лучше утром (в 8...9 ч).

Отобранные на поле пробы помещают в пергаментные пакеты или пленку, чтобы не было потерь влаги, и доставляют в лабораторию, где, если есть необходимость, их вытирают тряпочкой или фильтровальной бумагой от пыли, грязи, химикатов по борьбе с вредителями и болезнями. Анализ можно проводить на свежих или консервированных сухих образцах в период летней учебной практики или на лабораторно-практических занятиях.

При валовых анализах растений применяют обычные методы озольнения органического вещества для определения в нем N, P, K, Ca, Mg и других элементов. При этом применяют общепринятые методики, чаще всего мокрое озольнение ($H_2SO_4 + HClO_4$ или H_2O_2), после чего определение элементов проводится разнообразными методами (колориметрическими, пламеннофотометрическими и другими, которые представлены в специальных руководствах).

Чтобы полученные в результате диагностического анализа величины были сравнимы, необходим соответствующий критерий (показатель), который позволяет установить связь между химизмом растений и их продуктивностью.

Химический состав растений характеризуется критическими и минимальными уровнями. Критический уровень — процентное содержание данного элемента, выше которого уже трудно обнаружить реакцию растения на этот элемент при внесении удобрений. Минимальный уровень — минимальное содержание питательных веществ в растениях, которое обеспечивает получение заданного высокого урожая.

Критические уровни содержания основных питательных веществ устанавливают обычно экспериментально в полевых опытах с дозами удобрений, где можно проследить связь между химизмом растений и их урожайностью. Иногда вместо критического уровня применяют близкое к нему понятие — оптимальное содержание, т. е. такое содержание питательных веществ, при котором создаются наилучшие условия для роста и урожайности культуры (табл. 3).

Так как растительная диагностика является методом комплексным, то нельзя дать правильного заключения по

Таблица 3. Оптимальное валовое содержание азота, фосфора, калия в растениях, % на сухое вещество

Растение	Фаза развития	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая рожь	Кущение	4,0...5,0	1,2...1,5	6,0
	Выход в трубку	3,5	0,8	3,5
	Колошение — цветение	1,3...1,4	0,6	2,3...2,8
Ячмень	Кущение	4,7...5,0	1,2...1,8	5,0
	Выход в трубку	2,2...3,8	0,9...1,0	4,6...4,9
	Колошение — цветение	1,3...2,0	0,6...1,0	2,0...2,2
Овес	Кущение	5,0...6,0	2,0...2,4	6,0...7,0
	Выход в трубку	3,2...4,0	1,0...1,5	4,0...5,0
	Выметывание — цветение	1,3...2,2	0,7...0,9	2,0...2,4
Лен	«Елочка»	3,6...4,8	0,9...1,6	3,7...4,0
	Бутонизация	2,6...2,9	0,8...1,1	2,5...3,0
	Цветение	1,9...2,5	0,6...0,7	2,5...2,8
Горох	3...6 листьев	4,0...5,5	0,8	3,0...4,2
	Бутонизация	3,2...3,8	0,8	3,0...3,6
	Цветение	3,0...3,7	0,5...0,8	2,4...3,6
Клевер	Начало созревания	3,0...3,5	0,5...0,7	2,0...2,5
	Бутонизация	3,5...4,0	0,6...0,9	3,5
	Цветение	2,5...3,5	0,4...0,6	2,7
Тимофеевка	Выход в трубку	2,6...2,8	0,8...1,0	3,6...4,0
	Колошение	2,5	0,5...0,8	—
Картофель	До бутонизации	4,8...5,5	0,8...1,3	5,5...6,0
	Бутонизация	4,0...5,0	0,6...1,0	3,5...4,5
	Цветение	3,8	0,5	3,0...5,0

Примечание. Урожай (ц/га): зерновых — более 40, льна-волока — 6, сена клевера — 50...60, сена тимофеевки — 40...60, картофеля — 200...300.

одним только химическим анализам растений. Одно и то же оптимальное содержание элемента может иметь совершенно разное физиологическое и агрономическое значение, т. е. соответствовать различному состоянию растений (табл. 4). Сопоставление этих данных позволяет более полно судить об использовании питательных веществ растениями.

Наряду с валовыми анализами широко используется и анализ растворимых минеральных соединений. Определение минеральных форм питательных веществ, особенно в ранние фазы развития, показывает более резкие различия в коли-

Таблица 4. Сопоставление состояния растений с содержанием в них питательных элементов

Состояние растений	Концентрация питательных элементов в растениях	Причина состояния растений	Потребность в удобрениях
Плохое	Равна или выше оптимального	Другие факторы роста, кроме питания	Не требуется
Среднее	Ниже оптимального	Улучшены ограничивающие факторы роста	Начало недостатка удобрений
Очень плохое	Очень низкая	Острое голодание	Усиленное удобрение
Слабое или близко к среднему	Низкая	Недостаток питания	Полные дозы удобрений
Хорошее	Оптимальная	Обеспеченное питание	Не требуется
Сильный рост вегетативных органов	Выше оптимальной	Избыточное питание. Необходимо изменить соотношение элементов питания в составе удобрений или улучшить другие факторы роста	Изменить агротехнику и систему применения удобрений
Среднее или плохое	Очень высокая	Вредный избыток элементов питания	Не требуется

честве элементов питания в зависимости от внешних условий, чем валовой анализ.

Анализы в различные периоды вегетации на содержание в органах (листьях, стеблях, черешках) растений растворимых минеральных форм питательных веществ служат показателем обеспеченности ими растений в конкретных условиях. Недостаток или избыток тех или других элементов питания в почве отражается на содержании их в органах или соке растений. Это положение послужило основой для разработки ряда простейших методов контроля питания растений в полевых условиях по химическому анализу сока растений на содержание основных элементов питания.

К ним относятся упрощенный метод химического анализа сока растений по Магницкому и метод определения нитратов, аммиака, фосфора и калия на срезах растений по Церлинг и др.

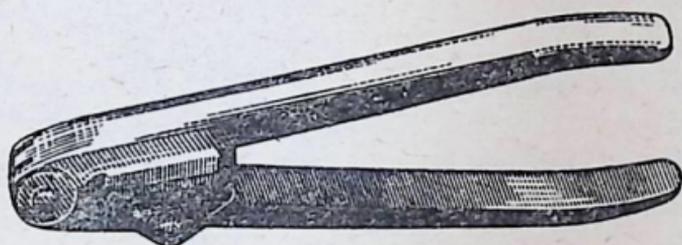
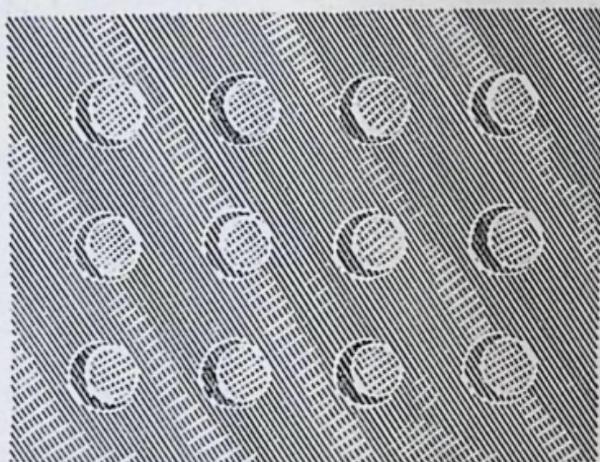


Рис. 22. Ручной пресс для отжима сока растений и пластинка для капельного анализа

Анализ сока растений в полевой лаборатории по Магницкому. Для получения сока обычно используют утолщенные участки листовых жилок, черешков, стебли. Отобранные образцы каждой пробы обтирают ватой или чистой тряпочкой; крупные, толстые черешки (у капусты, свеклы, ревеня) разрезают вдоль и для получения сока этих растений используют половину или четвертую часть черешка. Если черешки длинные, то используют нижнюю часть. Затем каждый черешок обрезают с краев так, чтобы остались кусочки длиной 2...4 см, и укладывают в пресс (рис. 22).

Сдавливанием рычагов выжимают сок, который стекает в углубление пресса. Если сок выжимается плохо, то необходимо перевернуть массу в прессе и снова нажимать. Выжатый сок сливают в маленькие пробирки или прямо в углубление пластинки.

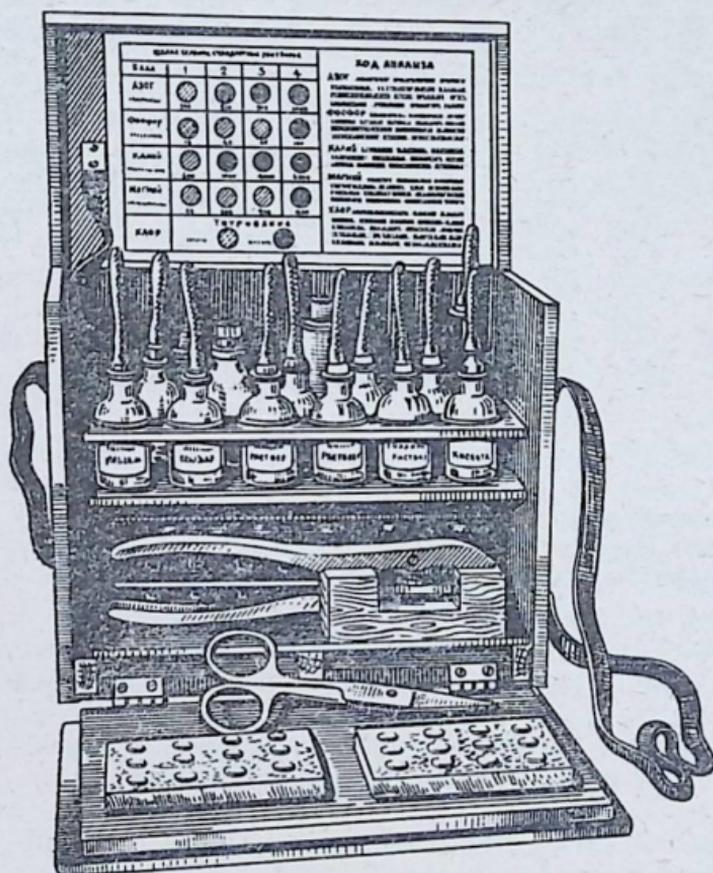


Рис. 23. Общий вид прибора-лаборатории Магницкого для анализа сока растений

Полевая лаборатория (рис. 23) позволяет проводить упрощенные количественные определения различных элементов в соке растений. Определение содержания нитратов, фосфора, калия и магния основано на их свойстве давать с определенными реактивами цветные растворы или осадки, интенсивность окраски которых сравнивают со шкалой цветных пятен, приложенной к прибору или со шкалой стандартных растворов, обрабатываемых одновременно с соком рас-

тений теми же реактивами. Результаты анализа (табл. 5) выражают в миллиграммах (мг) элемента на 1 кг сока или условно в баллах, причем величина балла соответствует номеру стандартного раствора (стандарта).

Таблица 5. Оценка результатов анализа на отдельные элементы при сравнении со шкалой стандартных растворов или с бумажной шкалой цветных пятен

№ стандартного раствора	Балл	Содержание элемента	Содержание элемента, мг/кг сока			
			Азота нитратного	Фосфора	Калия	Магния
1	1	Очень низкое	100	16	600	40
2	2	Низкое	250	40	1500	100
3	3	Умеренное	500	80	3000	200
4	4	Высокое	1000	160	6000	400

Если окраска исследуемого сока с реактивом занимает промежуточное положение между окрасками двух рядом расположенных пятен или стандартов, то результаты выражают средним баллом или средним показателем. Если окраска исследуемого сока интенсивнее окраски последнего стандартного раствора, то сок разбавляют водой (на 1 каплю сока 1 каплю воды), тщательно размешивают и используют для анализа разбавленный сок, а показатели анализа удваивают.

В полевых условиях, когда для сравнения используют шкалу цветных пятен, можно проводить одновременно анализ сока двух проб с одного участка (делянки). Для этого сок первой пробы берут пипеткой из пресса (рис. 24) или пробирки и разносят его по одной капле в 1-й ряд углублений пластинки-палетки (пластмассовой или фарфоровой). В 4-е углубление лучше внести 1 каплю сока, разбавить ее водой в отношении 1:3 и размешать пипеткой или лопаточкой. Так же поступают с соком 2-й пробы, разнося его капли соответственно во 2-й ряд углублений палетки.

Разбавленный сок 1-й и 2-й проб из 4-го углубления разносится по одной капле в 3-й ряд углублений (рис. 24, а). Таким образом, на одной пластинке проводится анализ двух проб на 5 элементов.

Бумажная цветная шкала разработана для одинакового размера капель (~ 0,04 мл) сока и реактива. Размеры ка-

пель сока и растворов должны быть одинаковыми. Это требование необходимо строго соблюдать.

При сравнении сока, окрашенного реактивами, со шкалой стандартных растворов удобно вначале выжать сок из восьми проб, поместить его в углубления пластинки, затем проводить анализ проб последовательно на различные элементы (рис. 30, б). В этом случае в 1-й ряд углублений пластинки помещают по 1 капле стандартных растворов одного из оп-

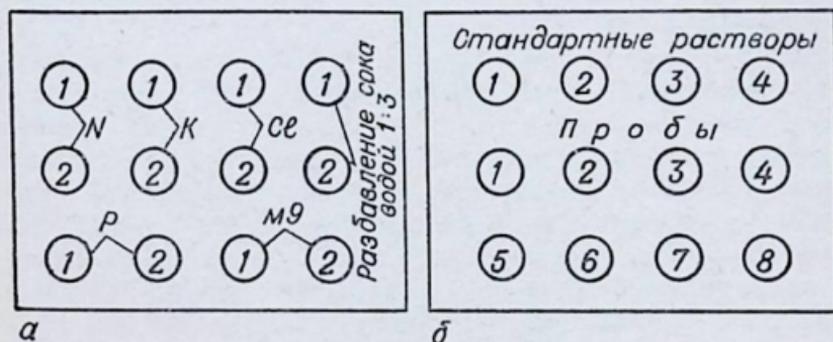


Рис. 24. Анализ сока растений:

а — схема анализа сока двух проб на капельной пластинке при сравнении с бумажной цветной шкалой пятен; б — схема анализа восьми проб на один элемент при сравнении со шкалой стандартных растворов

ределяемых элементов в порядке возрастания их концентрации, а во 2-й и 3-й — по одной капле сока исследуемых восьми проб. Затем стандартные растворы и сок растений одновременно обрабатывают одним из реактивов, сравнивают со шкалой стандартных растворов и записывают результаты.

После взятия каждой пробы капельник и пластинки хорошо промывают водой, вытирают фильтровальной бумагой или тряпочкой.

Для удобства и упрощения выполнения анализов в полевой лаборатории имеются смешанные стандартные растворы, содержащие все определяемые элементы в известной концентрации. Номера стандартных растворов от 1 до 4 идут в порядке возрастания концентрации всех элементов.

Определение нитратов. Основано на образовании красной окраски при взаимодействии их с реактивом Брея (сульфат бария, сульфат марганца, цинковая пыль, сульфаниловая кислота, альфа-нафтиламин).

В углубления пластинки насыпают лопаточкой сухой реактив объемом, примерно равным зерну ржи, и приливают по 3 капли буферного раствора. Затем в первый ряд углублений на пластинке приливают по 1 капле каждого из стандартных растворов, к остальным приливают по 1 капле исследуемых соков растений. Смесь в каждом углублении тщательно размешивают стеклянной палочкой и через 1 мин сравнивают окраску исследуемых соков со шкалой цветных пятен или стандартных растворов, результаты записывают согласно табл. 5.

Определение фосфора. Основано на взаимодействии фосфорной и молибденовой кислот, которые после восстановления их оловом образуют соединения, окрашивающие раствор в синий цвет. Образованию синей окраски мешает наличие в соке растения большого количества органических кислот — лимонной, щавелевой. Разбавление сока уменьшает концентрацию кислот и устраняет их влияние.

При определении фосфора помещают в углубления пластинки по 1 капле разбавленного сока (на 1 каплю сока 3 капли воды). Одновременно в один из рядов углублений пластинки помещают по 1 капле из четырех стандартных растворов. К соку растений и стандартным растворам прибавляют по 2 капли реактива на фосфор и помешивают оловянной палочкой, пока окраска не станет устойчивой, на что обычно достаточно 10...20 с. Полученную окраску исследуемого сока сравнивают со шкалой образцовых растворов или с окраской бумажной цветной шкалы и результаты записывают согласно табл. 5.

Определение калия. Основано на образовании оранжево-красного осадка дипикриламирата калия при взаимодействии калия с дипикриламином магния. При значительной кислотности сока (ревень, щавель, незрелые плоды) образование осадка не происходит.

При определении калия в одни углубления пластинки вносят по 1 капле сока, в другие — по капле стандартных растворов. Затем прибавляют к ним по капле дипикриламирата магния и по 1 капле соляной кислоты (реактивы на калий) и перемешивают. Окраску осадков исследуемого сока сравнивают с окраской пятен или с окраской шкалы стандартных образцовых растворов, результаты записывают согласно табл. 5.

Определение магния. Основано на образовании окрашенного соединения при взаимодействии титанового желтого с гидроокисью магния.

При определении магния помещают в 4 углубления пластинки по 1 капле разбавленного сока (1 капля сока на 3 капли воды) и в 4 других углубления по 1 капле из четырех стандартных растворов, прибавляют во все углубления по 1 капле реактива на магний, перемешивают и добавляют по 1 капле щелочи (NaOH). Полученную окраску исследуемого сока сравнивают с окраской цветной шкалы или шкалы стандартных растворов, результаты записывают согласно табл. 5.

При использовании метода Магницкого следует помнить, что он разработан в основном для картофеля, но может быть использован и для ряда других культур — капусты, свеклы, томатов, табака, хлопчатника, кукурузы. Концентрация азота, фосфора, калия в черенках этих культур близка к концентрации сока картофеля, но состав сока в разные фазы развития этих культур при высоких урожаях не установлен.

Установление необходимости подкормки. При решении вопроса о составе удобрений для подкормки необходимо учитывать показатели анализа по всем элементам. Если все показатели высокие, кроме одного, то можно ожидать, что подкормка удобрением, содержащим этот элемент, будет эффективной. Содержание в соке в ранние фазы развития растений 100...250 мг/кг азота (1...2 балла) говорит о необходимости подкормки растений азотными удобрениями. Калийное голодание наступает при содержании в соке 600...1500 мг/кг калия, значит, требуется подкормка калийными удобрениями.

Для ряда растений, в частности для хлебных злаков, некоторых трав, плодовых и ягодных культур, применение метода диагностики потребности их в удобрении по анализу сока листьев, стеблей, черешков затруднено вследствие недостаточной сочности их стеблей и листьев, отсутствия черешков, из-за интенсивной зеленой окраски сока, мешающей определению. Для таких культур В. В. Церлинг предложила быстрый метод анализа при помощи микрореакции на срезах растений. Ею разработана полевая лаборатория, выпускаемая в виде портативного прибора ОП-2 (рис. 25). Этот прибор позволяет устанавливать в растении содержание нитратов, минеральных фосфатов и калия. Прибор предназначен для быстрого анализа растений, может применяться при изучении поступления, передвижения и локализации веществ по органам растений и изменения их содержания по фазам развития, а также для определения обес-

печенности потребности растений в некоторых удобрениях.

Анализ проводят на срезах любых частей растений, но следует помнить, что неорганических соединений, которые определяются этим методом, больше всего содержится в тех

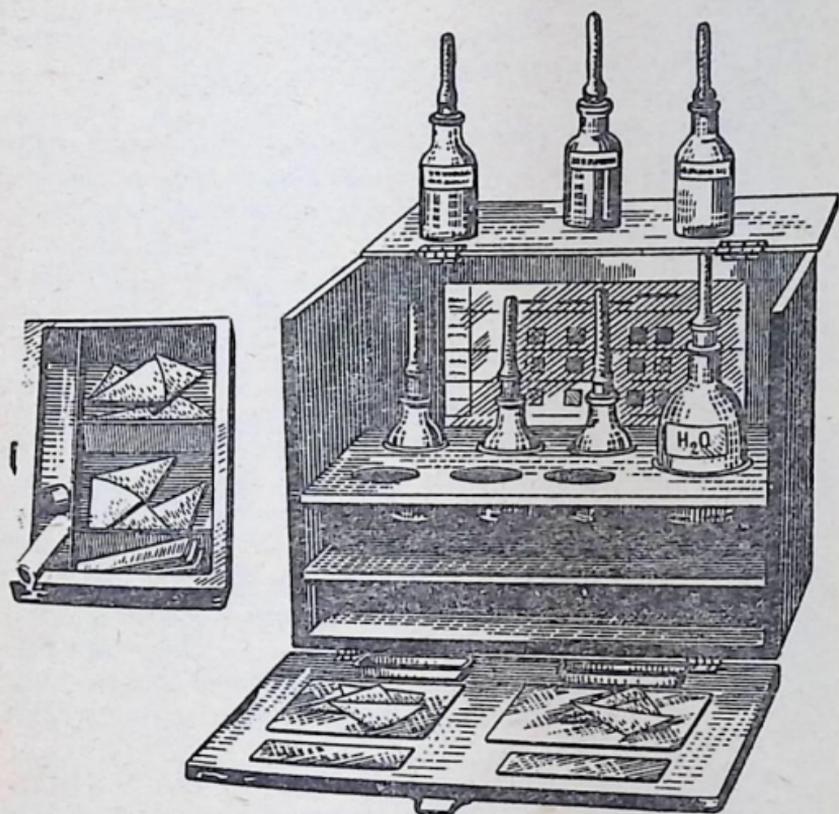


Рис. 25. Прибор ОП-2 (Церлинг) для диагностики питания растений

органах, которые богаты сосудисто-проводящей системой, т. е. в стеблях, черешках листьев. В нижних ярусах листьев их больше, нежели в верхних. Молодые растения ими богаче, чем взрослые, а такие соединения, как нитраты, к фазе цветения почти исчезают в тканях даже хорошо обеспеченных азотом растений. Поэтому наиболее резкие различия между растениями, обеспеченными и не обеспеченными питательными веществами, могут быть получены в молодых растениях, т. е. тогда, когда еще применение подкормок эффективно

Таблица 4. Сопоставление состояния растений с содержанием в них питательных элементов

Состояние растений	Концентрация питательных элементов в растениях	Причина состояния растений	Потребность в удобрениях
Плохое	Равна или выше оптимального	Другие факторы роста, кроме питания	Не требуется
Среднее	Ниже оптимального	Улучшены ограничивающие факторы роста	Начало недостатка удобрений
Очень плохое	Очень низкая	Острое голодание	Усиленное удобрение
Слабое или близко к среднему	Низкая	Недостаток питания	Полные дозы удобрений
Хорошее	Оптимальная	Обеспеченное питание	Не требуется
Сильный рост вегетативных органов	Выше оптимальной	Избыточное питание. Необходимо изменить соотношение элементов питания в составе удобрений или улучшить другие факторы роста	Изменить агротехнику и систему применения удобрений
Среднее или плохое	Очень высокая	Вредный избыток элементов питания	Не требуется

честве элементов питания в зависимости от внешних условий, чем валовой анализ.

Анализы в различные периоды вегетации на содержание в органах (листьях, стеблях, черешках) растений растворимых минеральных форм питательных веществ служат показателем обеспеченности ими растений в конкретных условиях. Недостаток или избыток тех или других элементов питания в почве отражается на содержании их в органах или соке растений. Это положение послужило основой для разработки ряда простейших методов контроля питания растений в полевых условиях по химическому анализу сока растений на содержание основных элементов питания.

В этом прессе для отжима сока растений и пластики для капельного анализа

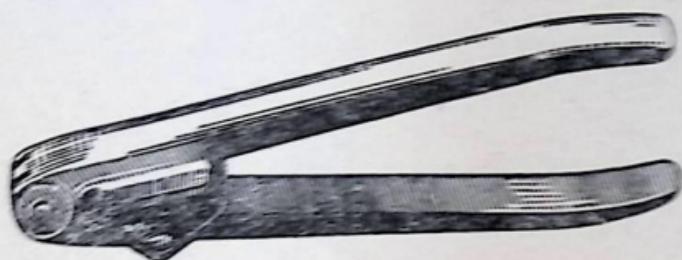


Рис. 22. Ручной пресс для отжима сока растений и пластики для капельного анализа

Анализ сока растений в полевой лаборатории по Магмичскому. Для получения сока обычно используют утолщенные участки листовых жилок, черешков, стебли. Отобранные образцы каждой пробы обтирают ватой или чистой тряпочкой; крупные, толстые черешки (у капусты, свеклы, ревеня) разрезают вдоль и для получения сока этих растений используют половину или четвертую часть черешка. Если черешки длинные, то используют нижнюю часть. Затем каждый черешок обрезают с краев так, чтобы остались кусочки длиной 2...4 см, и укладывают в пресс (рис. 22).

Сдавливанием рычагов выжимают сок, который стекает в углубление пресса. Если сок выжимается плохо, то необходимо перевернуть массу в прессе и снова нажимать. Выжатый сок сливают в маленькие пробирки или прямо в углубление пластинки.

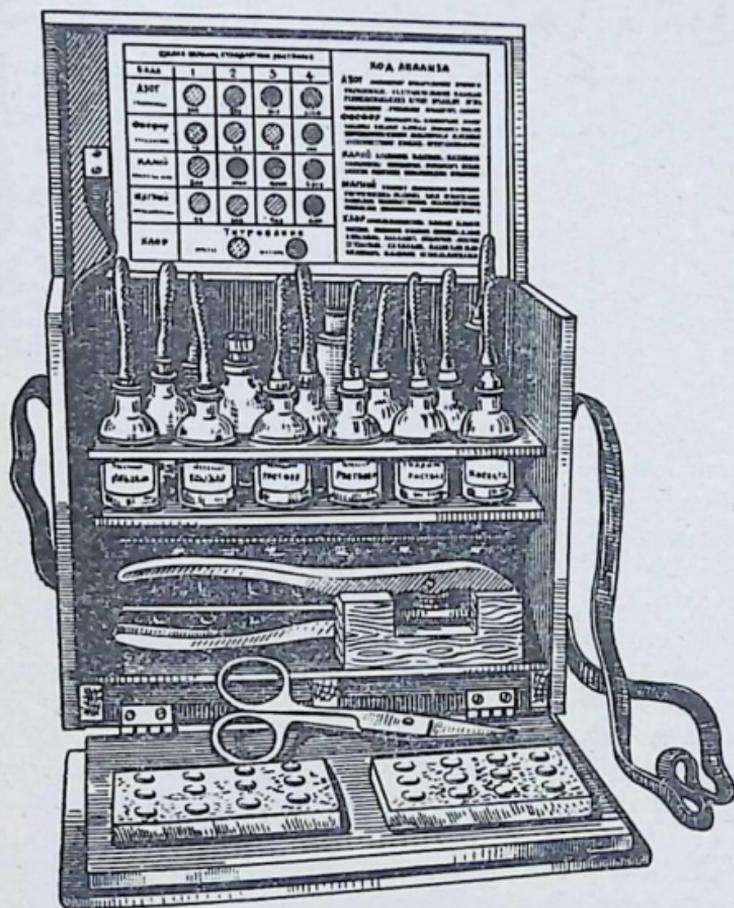


Рис. 23. Общий вид прибора-лаборатории Магницкого для анализа сока растений

Полевая лаборатория (рис. 23) позволяет проводить упрощенные количественные определения различных элементов в соке растений. Определение содержания нитратов, фосфора, калия и магния основано на их свойстве давать с определенными реактивами цветные растворы или осадки, интенсивность окраски которых сравнивают со шкалой цветных пятен, приложенной к прибору или со шкалой стандартных растворов, обрабатываемых одновременно с соком рас-

тений теми же реактивами. Результаты анализа (табл. 5) выражают в миллиграммах (мг) элемента на 1 кг сока или условно в баллах, причем величина балла соответствует номеру стандартного раствора (стандарта).

Таблица 5. Оценка результатов анализа на отдельные элементы при сравнении со шкалой стандартных растворов или с бумажной шкалой цветных пятен

№ стандартного раствора	Балл	Содержание элемента	Содержание элемента, мг/кг сока			
			Азота нитратного	Фосфора	Калия	Магния
1	1	Очень низкое	100	16	600	40
2	2	Низкое	250	40	1500	100
3	3	Умеренное	500	80	3000	200
4	4	Высокое	1000	160	6000	400

Если окраска исследуемого сока с реактивом занимает промежуточное положение между окрасками двух рядом расположенных пятен или стандартов, то результаты выражают средним баллом или средним показателем. Если окраска исследуемого сока интенсивнее окраски последнего стандартного раствора, то сок разбавляют водой (на 1 каплю сока 1 каплю воды), тщательно размешивают и используют для анализа разбавленный сок, а показатели анализа удваивают.

В полевых условиях, когда для сравнения используют шкалу цветных пятен, можно проводить одновременно анализ сока двух проб с одного участка (делянки). Для этого сок первой пробы берут пипеткой из пресса (рис. 24) или пробирки и разносят его по одной капле в 1-й ряд углублений пластинки-палетки (пластмассовой или фарфоровой). В 4-е углубление лучше внести 1 каплю сока, разбавить ее водой в отношении 1:3 и размещать пипеткой или лопаточкой. Так же поступают с соком 2-й пробы, разнося его капли соответственно во 2-й ряд углублений палетки.

Разбавленный сок 1-й и 2-й проб из 4-го углубления разносится по одной капле в 3-й ряд углублений (рис. 24, а). Таким образом, на одной пластинке проводится анализ двух проб на 5 элементов.

Бумажная цветная шкала разработана для одинакового размера капель (~ 0,04 мл) сока и реактива. Размеры ка-

пель сока и растворов должны быть одинаковыми. Это требование необходимо строго соблюдать.

При сравнении сока, окрашенного реактивами, со шкалой стандартных растворов удобно вначале выжать сок из восьми проб, поместить его в углубления пластинки, затем проводить анализ проб последовательно на различные элементы (рис. 30, б). В этом случае в 1-й ряд углублений пластинки помещают по 1 капле стандартных растворов одного из оп-



Рис. 24. Анализ сока растений:

a — схема анализа сока двух проб на капельной пластинке при сравнении с бумажной цветной шкалой пятен; *б* — схема анализа восьми проб на один элемент при сравнении со шкалой стандартных растворов

ределяемых элементов в порядке возрастания их концентрации, а во 2-й и 3-й — по одной капле сока исследуемых восьми проб. Затем стандартные растворы и сок растений одновременно обрабатывают одним из реактивов, сравнивают со шкалой стандартных растворов и записывают результаты.

После взятия каждой пробы капельник и пластинки хорошо промывают водой, вытирают фильтровальной бумагой или тряпочкой.

Для удобства и упрощения выполнения анализов в полевой лаборатории имеются смешанные стандартные растворы, содержащие все определяемые элементы в известной концентрации. Номера стандартных растворов от 1 до 4 идут в порядке возрастания концентрации всех элементов.

Определение нитратов. Основано на образовании красной окраски при взаимодействии их с реактивом Брея (сульфат бария, сульфат марганца, цинковая пыль, сульфаниловая кислота, альфа-нафтиламин).

В углубления пластинки насыпают лопаточкой сухой реактив объемом, примерно равным зерну ржи, и приливают по 3 капли буферного раствора. Затем в первый ряд углублений на пластинке приливают по 1 капле каждого из стандартных растворов, к остальным приливают по 1 капле исследуемых соков растений. Смесь в каждом углублении тщательно размешивают стеклянной палочкой и через 1 мин сравнивают окраску исследуемых соков со шкалой цветных пятен или стандартных растворов, результаты записывают согласно табл. 5.

Определение фосфора. Основано на взаимодействии фосфорной и молибденовой кислот, которые после восстановления их оловом образуют соединения, окрашивающие раствор в синий цвет. Образованию синей окраски мешает наличие в соке растения большого количества органических кислот — лимонной, щавелевой. Разбавление сока уменьшает концентрацию кислот и устраняет их влияние.

При определении фосфора помещают в углубления пластинки по 1 капле разбавленного сока (на 1 каплю сока 3 капли воды). Одновременно в один из рядов углублений пластинки помещают по 1 капле из четырех стандартных растворов. К соку растений и стандартным растворам прибавляют по 2 капли реактива на фосфор и помещивают оловянной палочкой, пока окраска не станет устойчивой, на что обычно достаточно 10...20 с. Полученную окраску исследуемого сока сравнивают со шкалой образцовых растворов или с окраской бумажной цветной шкалы и результаты записывают согласно табл. 5.

Определение калия. Основано на образовании оранжево-красного осадка дипикриламмината калия при взаимодействии калия с дипикриламином магния. При значительной кислотности сока (ревень, щавель, незрелые плоды) образование осадка не происходит.

При определении калия в одни углубления пластинки вносят по 1 капле сока, в другие — по капле стандартных растворов. Затем прибавляют к ним по капле дипикриламмината магния и по 1 капле соляной кислоты (реактивы на калий) и перемешивают. Окраску осадков исследуемого сока сравнивают с окраской пятен или с окраской шкалы стандартных образцовых растворов, результаты записывают согласно табл. 5.

Определение магния. Основано на образовании окрашенного соединения при взаимодействии титанового желтого с гидроокисью магния.

При определении магния помещают в 4 углубления пластинки по 1 капле разбавленного сока (1 капля сока на 3 капли воды) и в 4 других углубления по 1 капле из четырех стандартных растворов, прибавляют во все углубления по 1 капле реактива на магний, перемешивают и добавляют по 1 капле щелочи (NaOH). Полученную окраску исследуемого сока сравнивают с окраской цветной шкалы или шкалы стандартных растворов, результаты записывают согласно табл. 5.

При использовании метода Магницкого следует помнить, что он разработан в основном для картофеля, но может быть использован и для ряда других культур — капусты, свеклы, томатов, табака, хлопчатника, кукурузы. Концентрация азота, фосфора, калия в черенках этих культур близка к концентрации сока картофеля, но состав сока в разные фазы развития этих культур при высоких урожаях не установлен.

Установление необходимости подкормки. При решении вопроса о составе удобрений для подкормки необходимо учитывать показатели анализа по всем элементам. Если все показатели высокие, кроме одного, то можно ожидать, что подкормка удобрением, содержащим этот элемент, будет эффективной. Содержание в соке в ранние фазы развития растений 100...250 мг/кг азота (1...2 балла) говорит о необходимости подкормки растений азотными удобрениями. Калийное голодание наступает при содержании в соке 600...1500 мг/кг калия, значит, требуется подкормка калийными удобрениями.

Для ряда растений, в частности для хлебных злаков, некоторых трав, плодовых и ягодных культур, применение метода диагностики потребности их в удобрениях по анализу сока листьев, стеблей, черешков затруднено вследствие недостаточной сочности их стеблей и листьев, отсутствия черешков, из-за интенсивной зеленой окраски сока, мешающей определению. Для таких культур В. В. Церлинг предложила быстрый метод анализа при помощи микрореакции на срезах растений. Ею разработана полевая лаборатория, выпускаемая в виде портативного прибора ОП-2 (рис. 25). Этот прибор позволяет устанавливать в растении содержание нитратов, минеральных фосфатов и калия. Прибор предназначен для быстрого анализа растений, может применяться при изучении поступления, передвижения и локализации веществ по органам растений и изменения их содержания по фазам развития, а также для определения обес-

печенности потребности растений в некоторых удобрениях.

Анализ проводят на срезах любых частей растений, но следует помнить, что неорганических соединений, которые определяются этим методом, больше всего содержится в тех

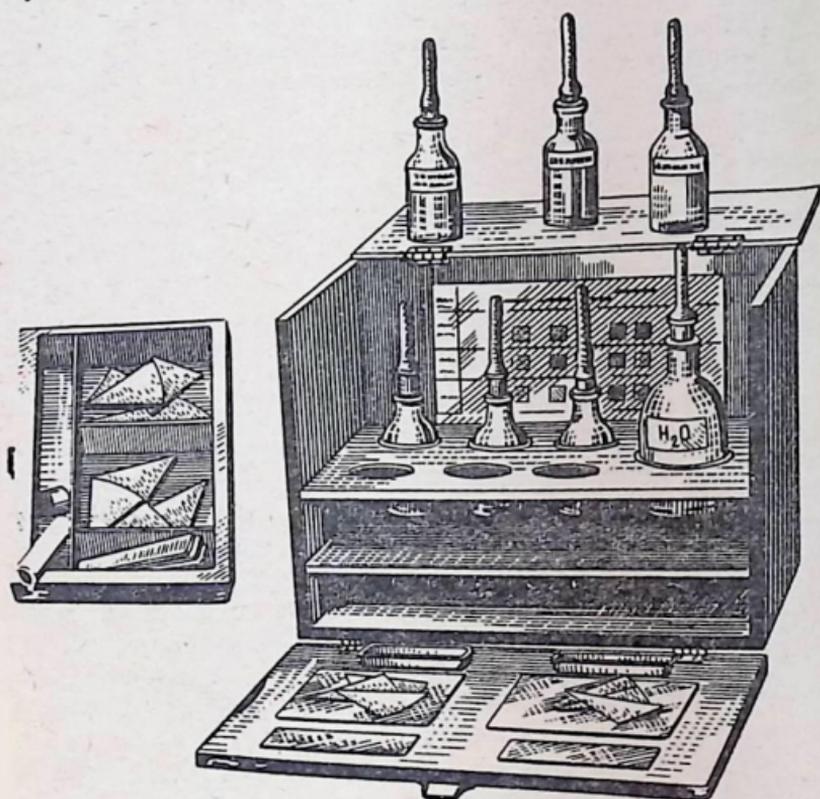


Рис. 25. Прибор ОП-2 (Церлинг) для диагностики питания растений

органах, которые богаты сосудисто-проводящей системой, т. е. в стеблях, черешках листьев. В нижних ярусах листьев их больше, нежели в верхних. Молодые растения ими богаче, чем взрослые, а такие соединения, как нитраты, к фазе цветения почти исчезают в тканях даже хорошо обеспеченных азотом растений. Поэтому наиболее резкие различия между растениями, обеспеченными и не обеспеченными питательными веществами, могут быть получены в молодых растениях, т. е. тогда, когда еще применение подкормок эффективно

Для установления потребности растений в удобрениях предложена 6-балльная шкала для нитратов и 5-балльные шкалы для фосфора и калия. Для всех элементов баллы 0...2 указывают на острую нуждаемость, 3...4 — на среднюю нуждаемость. Баллы 5...6 для нитратов и 5 для фосфора и калия служат показателями обеспеченности.

Приведенные в табл. 6, 7, 8 шкалы соответствуют составу молодых растений. При анализе более взрослых растений оценка должна быть снижена на 1...2 балла по нитратам и на 1 балл по фосфору и калию.

Прибор для определения степени обеспеченности растений азотом, фосфором и калием (ОП-2) содержит все необходимые реактивы в растворах (капельницах) и запасные сухие реактивы в склянках. Кроме того, имеются цветные шкалы пятен сока при реакциях на нитраты, фосфаты, калий; фильтры, бритва, пластинки и пестики. При определении азота срезы кладут на стеклянные пластинки, при определении фосфора и калия — на кусочки фильтровальной бумаги.

Определение нитратов. Азот определяют по реакции нитратов с раствором дифениламина в серной кислоте. На свежий срез, помещенный на пластинку, наносят 1 каплю 1%-ного раствора дифениламина. Полученную окраску пятна среза сравнивают со шкалой и оценивают в баллах (табл. 6).

Определение фосфатов. Фосфор определяют восстановлением бензидином комплексной соли фосфорно-молибденовокислого аммония. На пятно выжатого на кусочек фильтра сока и на срез наносят по каплям реактивы (молибденовокислый аммоний, бензидин, уксусно-кислый натрий). Полученную окраску сравнивают со шкалой и оценивают в баллах (табл. 7).

Определение калия. Калий определяют осаждением его дипикрилатом магния с образованием оранжево-красного осадка дипикрилата калия. На пятно выжатого сока и на срез наносят по 1 капле дипикрилата магния и соляной кислоты. Окраску сравнивают с цветной шкалой и оценивают в баллах (табл. 8).

В заключение следует отметить, что среди методов агрохимических исследований диагностика минерального питания растений по их химическому составу приобретает все более широкое распространение при решении как теоретических, так и практических вопросов агрохимической науки.

Таблица 6. Шкала потребности растений в азотных удобрениях

Содержание N-NO ₃ , % на сырое вещество	Баллы	Характер окрашивания	Потребность в азотных удобрениях
0,0705 ± 0,0094	6	Срез и раствор быстро и интенсивно окрашиваются в сине-черный цвет. Окраска устойчивая	Не нуждается. Избыток нитратов большой
0,0221 ± 0,0005	5	Срез и раствор сразу окрашиваются в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	Не нуждается. Избыток нитратов
0,0174 ± 0,0007	4	Срез и раствор окрашиваются в синий цвет. Окраска наступает не сразу	Слабо нуждается
0,0151 ± 0,0061	3	Срез и раствор окрашиваются в светлосиний цвет. Окраска исчезает через 2...3 мин	Средне нуждается
0,0067 ± 0,0004	2	Окрашиваются главным образом проводящие пучки в светлоголубой цвет. Окраска быстро исчезает	Нуждается
0,0028 ± 0,0006	1	Следы голубой быстро исчезающей окраски	Сильно нуждается
—	0	Нет синей окраски	Очень сильно нуждается

Таблица 7. Шкала потребности растений в фосфорных удобрениях

Содержание P ₂ O ₅ , % на сырое вещество	Балл	Характер окрашивания	Потребность в фосфорных удобрениях
0,0692 ± 0,0050	5	Отпечаток всего среза темно-синий, сосудистых лучков — иссиня-черный	Не нуждается

Содержание P_2O_5 , ‰ на сырое вещество	Балл	Характер окрашивания	Потребность в фосфорных удобрениях
$0,0415 \pm 0,0044$	4	Отпечаток всего среза синий, сосудистых пучков — синий	Не нуждается или слабо нуждается
$0,0225 \pm 0,0024$	3	Отпечаток всего среза светло-синий, сосудистых пучков — синий	Средне нуждается
$0,0174 \pm 0,0014$	2	Отпечаток всего среза слабо-голубой, сосудистых пучков — чуть темнее	Нуждается
$0,0121 \pm 0,0007$	1	Отпечаток всего среза слабо-серо-голубой, сосудистых пучков — серо-голубой	Сильно нуждается
—		Нет синей окраски ни тканей, ни сосудистых пучков	Очень сильно нуждается

Таблица 8. Шкала потребности растений в калийных удобрениях

Содержание K_2O , ‰ на сырое вещество	Балл	Характер окрашивания	Потребность в калийных удобрениях
$0,54 \pm 0,023$	5	Красно-суриковое	Не нуждается
$0,37 \pm 0,013$	4	Красно-оранжевое	Слабо нуждается
$0,33 \pm 0,018$	3	Оранжевое	Средне нуждается
$0,24 \pm 0,012$	2	Желто-оранжевое	Нуждается
$0,13 \pm 0,035$	1	Соломенно-желтое	Сильно нуждается
—	0	Лимонно-желтое	Очень сильно нуждается

Диагностику питания студенты проводят во время учебной практики по анализу растений вегетационных и полевых опытов кафедры агрохимии по заданию преподавателя.

Каждая группа студентов (3...4 человека) получает вместе с заданием инструкции и приборы Магницкого и Церлинг.

На основании полученных данных листовой диагностики (визуальная и химическая) студенты дают заключение о режиме питания растений и необходимости проведения подкормок. Результаты листовой диагностики заносятся в дневник и сдаются преподавателю.

Раздел IV

СОСТАВЛЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ КАРТОГРАММ

Агрохимические картограммы кислотности почв, содержания в почвах подвижных форм фосфора и калия составляются в нашей стране зональными (областными) агрохимическими лабораториями по единой методике. Агрохимические картограммы являются основным документом в хозяйстве для определения нуждаемости почв в известковании и определении дозы извести, а также наряду с данными полевых опытов с удобрениями для распределения удобрений по полям в хозяйстве и установления доз удобрений в зависимости от выращиваемой культуры. В южных районах орошаемого земледелия при наличии засоленных почв составляются картограммы по степени засоленности. В районах распространения солонцов и солонцеватых почв составляются картограммы степени солонцеватости.

Во время прохождения летней учебной практики необходимо научить студентов самостоятельно проводить полевые и лабораторные исследования пахотного слоя почв, составлять агрохимические картограммы, научить их оценивать почвы по полученным картограммам.

При составлении агрохимических картограмм выделяют несколько этапов работ: 1) подготовка к полевой работе; 2) полевые исследования; 3) лабораторные анализы; 4) составление и оформление агрохимических картограмм и пояснительной записки к ним.

ПОДГОТОВКА К ПОЛЕВОЙ РАБОТЕ

Получение задания у преподавателя. До выезда в поле студенческая группа должна быть ознакомлена преподавателем с материалами почвенно-агрохимического картирования земель хозяйства прежних лет, со справочным материалом по хозяйству (книги истории полей, сведения о мелиорации, известковании, уровне применения удобрений в течение последних лет). Группе выдается почвенная карта, план землеустройства и, если имеются, агрохимические картограммы прежних лет. До выезда в поле студенческая группа разбивается на группы по 3 человека, в каждой из которых преподаватель назначает старшего. Каждая бри-

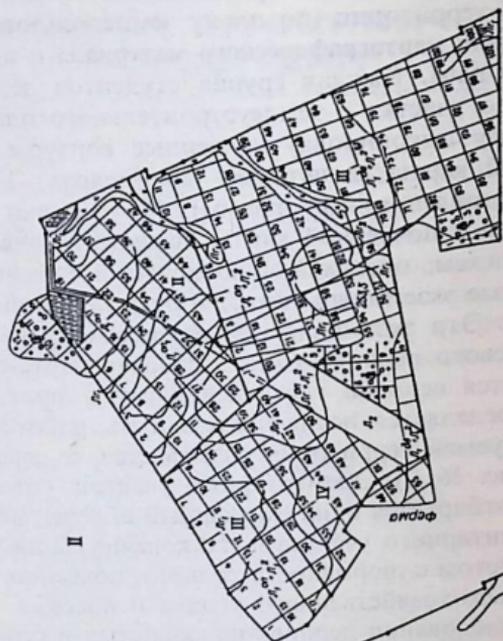
гада получает задание на агрохимическое обследование определенной территории (по плану землепользования).

Подготовка картографического материала к полевому обследованию почв. Каждая группа студентов делает планировку своего участка с землеустроительного плана и переносит на эту выкопировку почвенные контуры и индексы с почвенной карты (в четырех экземплярах: 1 — рабочий, 3 — для составления картограмм). На рабочий экземпляр выкопировки с почвенной карты переносят почвенные контуры и индексы, обозначающие почвенные разновидности. На остальные экземпляры выкопировки почвенные контуры не наносят. Эти экземпляры будут необходимы по завершении полевого периода работ. Рабочая карта-схема (рис. 26, I) является основой составления плана полевых работ, по ней определяется последовательность работ по полям. Вся обследуемая территория разбивается на элементарные участки (рис. 26, II). Элементарный участок — это площадь, с которой отбирается один смешанный образец почвы. Площадь элементарного участка и его конфигурация устанавливаются с учетом однородности рельефа, почвенного покрова и вида сельскохозяйственного угодья и посева.

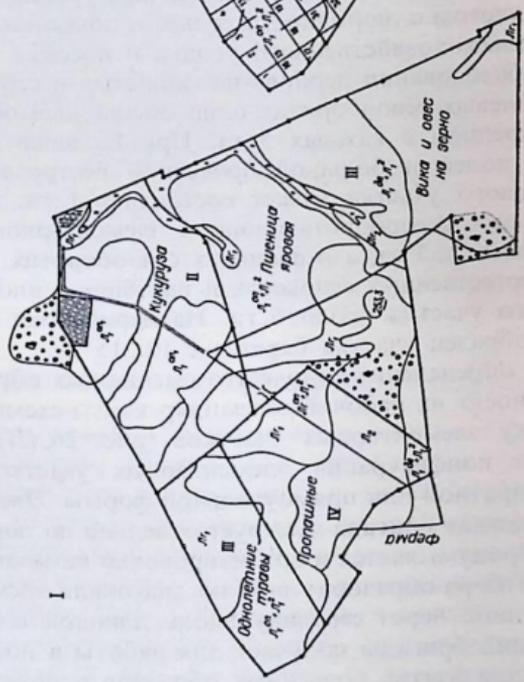
При обследовании дерново-подзолистых и серых лесных почв в полевых севооборотах один смешанный образец берется в среднем с каждых 5 га. При большей мелкоконтурности полей и большой почвенной пестроте площадь элементарного участка может составлять 1 га. На полях прифермского севооборота площадь элементарного участка должна быть 2...3 га, а в овощных севооборотах и садах — 1 га, на естественных сенокосах и пастбищах площадь элементарного участка около 5 га. На черноземах один смешанный образец участка берется с 10...15 га.

После определения количества смешанных образцов студенты наносят на рабочий экземпляр карты-схемы карандашом сетку элементарных участков (рис. 26, III). По возможности конфигурация элементарных участков должна быть квадратной или прямоугольной формы. Элементарные участки каждая бригада нумерует отдельно по порядку (т. е. с № 1). Продумывается и ориентировочно намечается маршрут для отбора образцов: либо по диагонали элементарного участка, либо через середину вдоль длинной его стороны.

Старший бригады получает для работы в поле тростевой бур для взятия почвенных образцов и приспособления для чистки бура, вешки (1,5...2,0 м), мешочки, лопату, сантиметровую ленту, почвенный нож, рюкзак, компас.



II



I

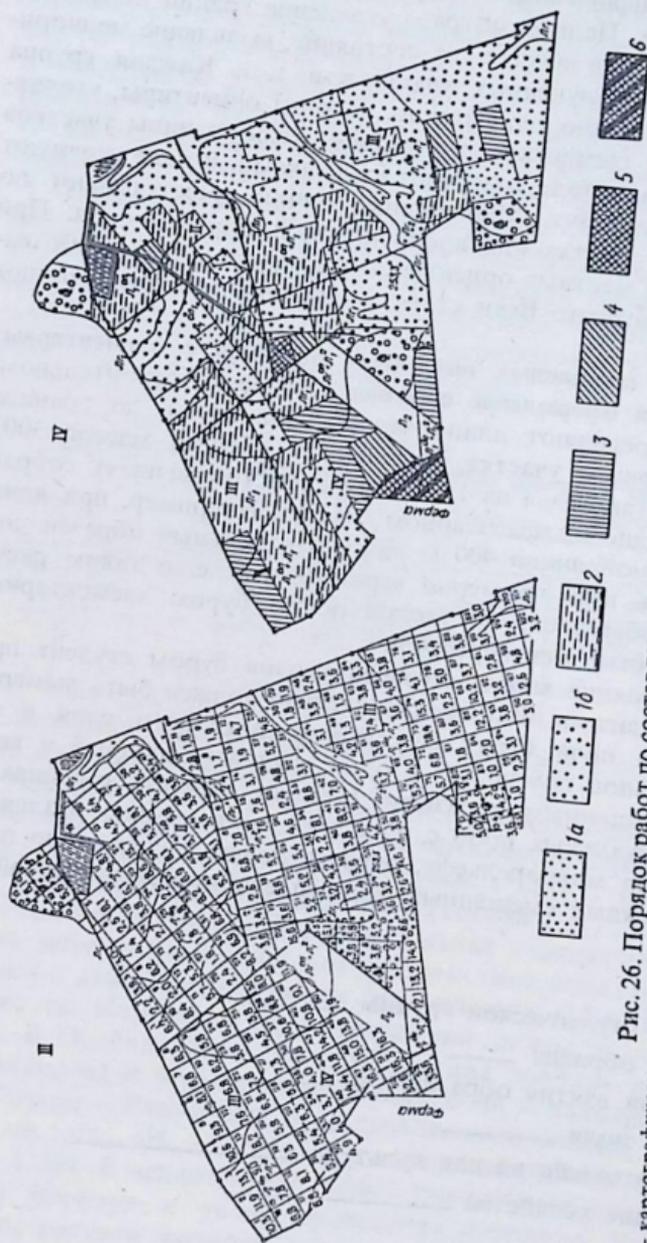


Рис. 26. Порядок работ по составлению агрохимических картограмм:
 I – картографическая основа; II – разбивка полей на элементарные участки; III – перенесение результатов анализа на карту-основу; IV – агрохимическая карта содержания подвижных фосфатов (Ia – меньше 3 мг, Iб – меньше 5 мг, 2 – 5...10 мг, 3 – 10...15 мг, 4 – 15...20 мг, 5 – 20...30 мг, 6 – более 30 мг P_2O_5 на 100 г почвы, по Кирсанову)

ПОЛЕВЫЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рекогносцировочный осмотр территории и выделение участков в натуре. Цель осмотра — уточнение границ полей, дорог, размещения посевов, их состояние, выявление мелиорированных, завалуненных участков и т. д. Каждая группа осматривает свою территорию, находит ориентиры, уточняет границы элементарных участков. Если границы участков плохо видны в поле, отмечают их вешками. В поле уточняют дневной маршрут. Маршрутные линии прокладывают по диагонали участка или вдоль длинной стороны поля. При отсутствии местных ориентиров маршрутные линии обозначаются вешками. Вехи ставят с противоположных концов поля.

Отбор смешанных почвенных образцов с элементарных участков и оформление образцов. По землеустроительному плану определяют длину маршрутной линии до границы элементарного участка. Смешанный образец массой 300...400 г составляется из 15...20 образцов (первичных), собранных на одном элементарном участке. Например, при длине маршрутной линии 400 м каждый отдельный образец должен быть взят примерно через 20 м, т. е. с таким расчетом, чтобы после 20 уколов почвы буром элементарный участок был весь пересечен.

Расстояние между точками уколов буром студент пролает шагами. Шаг предварительно должен быть вымерен. Образцы почв берут на глубину пахотного слоя и все 20 образцов помещают в один мешочек, который и является смешанным образцом. Следует избегать смешивания индивидуальных проб с площадей поля, сильно различающихся по микрорельефу, окраске почвы и состоянию посевов. Каждый смешанный образец снабжается этикеткой по форме:

Номер студенческой группы _____

» образца _____

Глубина взятия образца (см) _____

Номер поля _____

Сельскохозяйственная культура _____

Название хозяйства _____

Дата _____

Фамилия _____

Этикетку заполняет студент, проводивший отбор смешанных образцов. Номер смешанному образцу дается по номеру элементарного участка. На рабочем плане отмечается место взятия образца (обводится кружком номер участка). В садах и ягодниках смешанные образцы берутся в междурядьях и выборочно в рядах — один смешанный образец с 1 га. Кроме того, делаются прикопки на глубину 60...80 см, по одной прикопке на 5 га. Из прикопок берут образцы с глубины 0...20 см, 20...40 см, 40...60 см.

Лабораторные анализы. Взятые в поле образцы доставляются в лабораторию, где и высушиваются на бумаге до воздушно-сухого состояния. По окончании полевой работы проверяется наличие почвенных образцов, образцы пересыпаются в коробки и составляется ведомость для проведения анализов по форме, приведенной ниже.

Ведомость
почвенных образцов, взятых в учхозе (колхозе, совхозе)
 _____ района _____ области

№ п. п.	№ образца	Глубина взятия пробы	Номер поля	Сельскохозяйственная культура	Виды и методы анализа		
					pH (KCl)	P ₂ O ₅ по Кирсанову	K ₂ O по Кирсанову

Ведомость заполняется данными анализов и подписывается всеми исполнителями.

Кислотность почвы определяется потенциометрическим методом, который основан на получении суспензии из почвы 1 н. раствором KCl при отношении 1:2,5 и измерении pH суспензии на потенциометре (pH-метре).

Подвижные формы фосфора и калия определяют методами, рекомендованными для данного типа почв. В почвах лесной и лесостепной зоны их определяют в 0,2 н. HCl-вытяжке по Кирсанову (при отношении почвы к раствору 1:5). В Прибалтийских республиках для анализа дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почв используется метод Эгнера — Римма (0,04 н. молочнокислый кальций + соляная кислота, pH 3,5...3,7; при отношении почвы к раствору 1:50). В черноземных почвах определение подвижных форм фосфора и калия проводится методом Чирикова (0,5 н. раствор уксусной кислоты; при отношении почвы к раствору 1:25), в карбонатных, черноземных, каштановых

и бурых почвах методом Мачигина (в 1%-ной углеаммонийной вытяжке; при отношении почвы к раствору 1:20).

Подвижный фосфор определяют на фотоэлектрокалориметре, а калий на пламенном фотометре.

ОФОРМЛЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ КАРТОГРАММ

Данные анализов солевого рН, содержания в почвах подвижных форм фосфора и калия являются основанием для составления картограмм (рис. 26, IV).

Картограмма кислотности почв. Картограмма кислотности почв составляется для хозяйств, расположенных в таежной и лесостепной зонах. Значение рН вписывается на карту в центр элементарных участков, которым были присвоены номера смешанных почвенных образцов. Клетки с одинаковыми значениями кислотности объединяют в один агрохимический контур на карте. Номер группы по степени кислотности указывают римскими цифрами и контур закрашивают в соответствующий цвет или штрихуют (табл. 9).

Таблица 9. Группировка почв по степени кислотности

№ группы	Условные обозначения (цвет)	Степень кислотности	рН (KCl)
I	Красный	Очень кислые	4,0 ниже
II	Розовый	Сильнокислые	4,1...4,5
III	Оранжевый	Среднекислые	4,6...5,0
IV	Желтый	Слабокислые	5,1...5,5
V	Зеленый	Близкие к нейтральным	5,6...6,0
VI	Темно-зеленый	Нейтральные	6,0

Сверху картограммы дается ее наименование, указывается хозяйство. Под картой помещают экспликацию установленной формы. В экспликации картограммы кислотности почвы указывается номер группы по степени кислотности, цвет, значение кислотности и площади почв в гектарах разных групп кислотности по угодьям (пашня, залежь, луга и пастбища).

Картограмма содержания подвижного фосфора. Данные анализа смешанных образцов по содержанию подвижного фосфора вписываются на карту-схему с элементарными участками (рис. 26, III). Клетки с одинаковыми значениями по содержанию подвижного фосфора в пределах одной градации по экспликации (табл. 10) объединяются в один агрохимический контур, который закрашивают в соответ-

Таблица 10. Группировка почв по содержанию подвижного фосфора, мг на 100 г почвы

№ группы	Содержание P_2O_5	Определение подвижного фосфора			
		По Кирсанову		По Чирикову	По Мачигину
		для минеральных почв	для торфяных почв		
I	Очень низкое	0...2,5	0...5,0	0...2,0	0...1,0
II	Низкое	2,6...5,0	5,1...10,0	2,1...5,0	1,1...1,5
III	Среднее	5,1...10,0	10,1...20,0	5,1...10,0	1,6...3,0
IV	Повышенное	10,1...15,0	20,1...40,0	10,1...15,0	3,1...4,5
V	Высокое	15,1...25,0	40,1...60,0	15,1...20,0	4,6...6,0
VI	Очень высокое	> 25,0	> 60,0	> 20,0	> 6,0

вующий цвет или штрихуют согласно экспликации. Контуры с очень низким содержанием фосфора закрашиваются в светло-зеленый цвет; низким — зеленый, средним — голубой, повышенным — ярко-голубой, высоким — синий, очень высоким — фиолетовый цвет (табл. 10).

В картограмме дается экспликация, в которой содержатся названные методы определения, номер групп почв, цвет, количество P_2O_5 и площади почв по группам и угодьям.

Картограмма содержания подвижного калия. Составляется и оформляется аналогично картограмме подвижного фосфора. Контурные с очень низким содержанием калия закрашиваются светло-желтым цветом, низким — желтым, средним — оранжевым, повышенным — светло-коричневым, высоким — коричневым, очень высоким — темно-коричневым (табл. 11).

Таблица 11. Группировка почв по содержанию подвижного калия, мг на 100 г почвы

№ группы	Содержание подвижного калия	Определение подвижного калия			
		по Кирсанову		По Чирикову	По Мачигину
		для минеральных почв	для торфяных почв		
I	Очень низкое	0...4,0	0...8,0	0...3,0	0...5,0
II	Низкое	4,1...8,0	8,1...16,0	3,1...5,0	5,1...10,0
III	Среднее	8,1...12,0	16,1...24,0	5,1...8,0	10,1...15,0
IV	Повышенное	12,1...17,0	24,1...34,0	8,1...12,0	15,1...20,0
V	Высокое	17,1...25,0	34,1...60,0	12,1...18,0	20,1...30,0
VI	Очень высокое	> 25,0	> 60,0	> 18,0	> 30,0

В последнее время ряд зональных агрохимических лабораторий вместо картограмм составляют паспорт на каждое поле. В паспортах приводится характеристика почв по кислотности, содержанию подвижных форм фосфора и калия, гумуса, механического состава почв и ряд других показателей. Это позволяет рассчитать на ЭВМ дозу удобрений под планируемый урожай сельскохозяйственных культур для каждого поля севооборота.

ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ АГРОХИМИЧЕСКОГО ОЧЕРКА

Кроме картограмм, составляется агрохимический очерк. В агрохимическом очерке приводятся сведения о местонахождении хозяйства, площади, описание природных условий, агропроизводственная характеристика почв, специализации, севооборотов, уровня применения удобрений за последние 3...5 лет и урожайность сельскохозяйственных культур.

Описание агрохимической характеристики почв приводится по данным своих исследований. Указывается, сколько почвенных образцов было взято и сколько проанализировано. В таблице приводятся данные по агрохимической характеристике почвенных разновидностей по видам сельскохозяйственных угодий и полям севооборота, указываются дозы извести, необходимые для нейтрализации кислотности. С учетом отношения культур в севообороте к реакции среды намечается очередность известкования полей.

Подсчитываются площади почв с различной обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия. Делается заключение о сравнительной обеспеченности полей хозяйства подвижными формами элементов питания, об агрохимической оценке почв.

Результаты агрохимического обследования почв являются основой для разработки рекомендаций по известкованию почв и рациональному использованию удобрений. В хозяйствах с интенсивным уровнем применения удобрений агрохимические картограммы обновляются через 5 лет.

После оформления картограмм и очерка они подписываются всеми студентами-исполнителями и сдаются преподавателю вместе с ведомостями анализов. На основании выполненной работы и устных ответов по агрохимическому картированию и агрохимической оценке почв преподаватель ставит студентам зачет (индивидуально).

Раздел V

АГРОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ

Удобрения являются важным средством повышения плодородия почв и роста урожайности сельскохозяйственных культур. Известно, что значительная часть почв СССР бедна гумусом (нечерноземная зона), более 50% всех пахотных почв страны характеризуются низкой обеспеченностью подвижным фосфором и 17% — подвижным калием, т. е. плодородие этих почв невелико.

Подсчитано, что применение 30 млн. т минеральных удобрений в СССР дает ежегодно такой прирост продукции, для получения которой потребовалось бы увеличение посевных площадей на 28 млн. га (Н. Н. Баранов, 1974). Отечественный и зарубежный опыт показывает, что от 50 до 60% урожая растений создается за счет удобрений. Удобрение очень эффективное, но не дешевое средство повышения урожайности, и поэтому повышение эффективности их использования является важной задачей агрономов-агрохимиков.

Принято различать понятия агрономической и экономической эффективности удобрений.

Результат действия удобрений на выход основной продукции (зерна, клубней, плодов, волокна и т. п.), выраженный прибавкой урожая с гектара или на единицу тука, отражает агрономическую эффективность. Следовательно, при определении агрономической эффективности исходят из абсолютных натуральных показателей.

Агрономическая эффективность удобрений зависит в первую очередь от почвенно-климатических условий зоны земледелия. Однако хозяйства, расположенные в одинаковых природных условиях (почвы, количества тепла, осадков), получают разную прибавку на единицу тука. Значит, агрономическая эффективность удобрений находится в зависимости и от организационно-хозяйственных условий.

Экономическая эффективность определяется совокупностью таких показателей, как чистый доход (за вычетом издержек, связанных с применением удобрений), окупаемость, снижение себестоимости, повышение производительности труда. Наиболее общими, основными показате-

телями является размер получаемого чистого дохода и окупаемость 1 руб. затрат, связанных с применением удобрений. Эти показатели наиболее важны для определения эффективности под каждую культуру в целом по хозяйству, области, экономическому району и по стране.

Форма записи расчета экономической эффективности применения удобрений приводится ниже (табл. 12).

Таблица 12. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений

Вариант	Средний урожай		Прибавка		Стоимость дополнительной продукции, руб.	Затраты на дополнительную продукцию, руб.					Дополнительный чистый доход, руб.*		Окупаемость 1 руб. затрат
	ц/га	з. е., ц/га*	ц/га	з. е., ц/га		на удобрения			на уборку и доработку	Всего затрат	на 1 га	на 1 руб. затрат	
						на покупку	на доставку	на внесение					

* Для определения стоимости дополнительной продукции разных культур ее переводят в зерновые единицы. Коэффициент перевода растениеводческой продукции в зерновые единицы (з. е.), оптовые цены на минеральные удобрения и наценка на них при продаже приведены в приложениях 1, 2 и 3. Закупочная цена 1 ц з. е. принимается равной закупочной стоимости зерна пшеницы — 11,6 руб. (по прейскуранту № 70—09).

** Чистый доход есть разность между стоимостью дополнительно полученной продукции и расходами на ее получение. Чистый доход на 1 руб. дополнительных затрат, связанных с применением удобрений, есть частное от деления суммы дополнительного чистого дохода на сумму дополнительных расходов.

В среднем по стране экономический эффект от 1 руб., затраченного на приобретение и внесение удобрений, составляет 2...3 руб.; окупаемость 1 руб. затрат на удобрение составляет по картофелю 5,37 руб., по овощным культурам — 3,83, подсолнечнику — 3,33, хлопчатнику — 3,10, льну-долгунцу — 2,80, зерновым — 1,91 и по кормовым и силосным — 1,31 руб.

Рациональное применение удобрений не только повышает урожайность, но и оказывает влияние на рост производительности труда на 40...50% и снижение себестоимости продукции в сельском хозяйстве на 20...30%.

Экономическая эффективность удобрений может быть рассчитана по каждой или по нескольким сельскохозяй-

ственным культурам в звене севооборота, в целом по севообороту или по хозяйству.

Пути повышения эффективности удобрений заключаются в механизации всех работ, увеличении производительности машин, улучшении работы агрохимической службы.

Известкование кислых почв является важным средством повышения их плодородия и увеличения эффективности удобрений.

Темпы известкования кислых почв в СССР с каждым годом возрастают. Если за время с 1954 по 1963 г. было произвестковано всего 9,3 млн. га, то за один 1975 г. известь внесена на площади более 5 млн. га.

Известкование является агрономически выгодным мероприятием: на сильнокислых почвах известкование дает прибавку урожая зерна озимой пшеницы 3...7, озимой ржи 1,7...3,4, ячменя 3,0...5,0, овса 2,0...2,8, капусты 30...80, сена многолетних трав 10...20 ц/га. Определение экономической эффективности известкования проводится по тем же показателям, что и эффективность удобрений: чаще всего окупаемостью 1 руб. затрат, связанных с известкованием, величиной дополнительного чистого дохода на 1 га от известкования и др. Все затраты по проведению известкования берутся по фактическим издержкам.

При внесении средних норм извести (5 т/га) сумма всех затрат составляет 25...50(70) руб. на 1 га. Эти затраты, как правило, окупаются прибавкой урожая первых двух культур, а так как действие извести продолжается в течение 5...8 и более лет, то стоимость прибавки урожая культур следующих лет составляет дополнительный чистый доход от известкования. Затраты на уборку и доработку дополнительно полученной продукции рассчитываются по нормативам хозяйства. Стоимость дополнительной продукции берется по средним реализационным ценам в хозяйстве.

Ниже приводится формула Ю. А. Штиканса по определению экономической эффективности известкования:

$$T = A(C - D) - K/L,$$

где T — дополнительная ежегодная прибыль (руб./га);

A — дополнительная продукция (ц/га);

C — цена центнера продукции (руб.);

D — себестоимость центнера дополнительной продукции (руб.);

K — расходы на известкование 1 га (руб.);

L — продолжительность влияния известкования (лет).

Известкование является не только агрономически, но и экономически выгодным мероприятием, каждый затраченный рубль окупится в среднем 5...6 руб. Большая экономическая эффективность достигается при известковании сильнокислых суглинистых почв при выращивании культур, особо чувствительных к сильнокислой реакции и наиболее отзывчивых на известкование (в овощных и прифермских севооборотах).

Пути повышения эффективности известкования заключаются в сокращении дальности перевозок, уменьшении до минимума погрузо-разгрузочных работ, увеличении производительности машин. С переходом на новую технологию известкования пылевидными материалами с использованием высокопроизводительных автоцементовозов по схеме завод — автоцементовоз — поле в Ленинградской, Московской и других областях затраты на известкование снижены на 25% при снижении затрат труда в 5...8 раз по сравнению с применением транспортных разбрасывателей извести по старой технологии известкования. Например, в Ленинградской области затраты на внесение 5 т известняковой муки тонкого помола на 1 га по схеме завод — автоцементовоз — поле составляют около 33 руб., а при схеме завод — железная дорога — автосамосвал — тракторный разбрасыватель 44 руб., включая отпускную цену известняковой муки 3,7 руб. за 1 т.

Положительное действие полных доз извести (8 т/га на суглинистых сильнокислых почвах) продолжается в течение 7...10 лет. Однако вымывание кальция с осадками, вынос с урожаями и внесение больших доз физиологически кислых удобрений приводит к постепенному подкислению почвы. На таких почвах необходимо проведение повторного известкования. Сроки повторного известкования определяются по фактической кислотности почв. При внесении высоких доз минеральных удобрений повторное известкование необходимо проводить полными дозами извести через 5...6 лет.

В нашей стране имеется более 100 млн. га почв (из них около 20 млн. га пашни) разной степени солонцеватости. Солонцы формируются при накоплении в почвенном поглощающем комплексе натрия. Неблагоприятные физические, физико-химические и биологические свойства и низкое плодородие солонцовых почв обуславливаются большим содержанием в них поглощенного натрия. Для устранения избыточной щелочности, вредной для многих культур, проводят гипсование солонцов и солонцеватых почв, т. е. внесение

в почву гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Для гипсования почв применяется также отход при производстве двойного суперфосфата и преципитата — фосфогипс, а также отходы содовой промышленности.

Гипс вносят в 2 приема: перед вспашкой и после нее под культивацию. На солонцеватых почвах, содержащих меньшее количество натрия, чем солонцы, гипс (3...4 ц/га) вносят в рядки вместе с семенами.

Гипсование почв проводят в комплексе с агротехническими мероприятиями: глубокой вспашкой (на 40...50 см) с перемешиванием солонцового горизонта. После этого вносят органические удобрения, проводят снегозадержание и задержание талых вод, посев многолетних трав, а если участок орошается, то и орошение.

Некоторые солонцеватые почвы содержат под уплотненным горизонтом значительное количество гипса. В этом случае проводят глубокую вспашку (на 40...50 см) с тем, чтобы вывернуть на поверхность гипсоносные слои почвы. Этот прием называется самогипсованием.

Продолжительность периода гипсования составляет 8...10 лет в неорошаемых условиях и 5...6 лет при орошении. Средняя прибавка урожая зерна при внесении гипса составляет в черноземной зоне без орошения 3...6 ц/га, в зоне каштановых почв 2...7 ц/га. На орошаемых землях эффективность гипсования почв повышается.

Эффективность гипсования солонцов повышается при совместном внесении органических и минеральных азотно-фосфорных удобрений (табл. 13).

Таблица 13. Влияние гипсования при совместном внесении навоза и минеральных удобрений на урожай яровой пшеницы (опыты Сибирского НИИСХ)

Вариант опыта	Среднестолбчатые солонцы		Глубокостолбчатые солонцы	
	урожай, ц/га	прибавка урожая, ц/га	урожай, ц/га	прибавка урожая, ц/га
Контроль	1,0	—	9,9	—
Гипс: 5 т	—	—	12,5	2,6
10 т	9,3	8,3	14,5	4,6
Контроль	1,7	—	4,5	—
Гипс: 5 т + $\text{N}_{60}\text{P}_{60}$	9,5	7,8	12,6	8,1
5 т + 40 т навоза	15,4	13,7	16,2	11,7
10 т + 40 т навоза	12,1	10,4	18,6	14,1

Гипсование действует длительное время, поэтому положительное влияние его на урожай культур наблюдается в течение нескольких лет.

В хозяйствах студенты знакомятся с системой применения удобрений под отдельные культуры и в севооборотах; рассматривается экономическая эффективность известкования (гипсования), удобрений, применяемых под основные сельскохозяйственные культуры. В совхозах и колхозах студенты работают с паспортами полей (картограммы), с годовыми отчетами по производству сельскохозяйственной продукции, с планами применения удобрений под отдельные культуры.

Раздел VI

СМЕШАННЫЕ УДОБРЕНИЯ. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТУКОСМЕСЕЙ

С увеличением производства и применения минеральных удобрений ассортимент их также увеличивается.

Весь ассортимент минеральных удобрений в зависимости от содержащихся в них элементов питания обычно подразделяют на следующие основные группы: азотные, фосфорные, калийные, кальциевые (известковые), микроудобрения. Каждая группа этих удобрений включает различное сочетание катионов и анионов.

Элементы питания минеральных удобрений могут входить в состав одной молекулы или могут быть представлены несколькими солями в пределах одного удобрения.

По химическому составу минеральные удобрения следует подразделить на 2 основные группы: простые и комплексные.

Комплексные минеральные удобрения по способу производства, в свою очередь, разделяются на 3 группы: смешанные, сложные и комбинированные. При изготовлении смешанных удобрений повышается агротехническая эффективность их компонентов и, как правило, удешевляется хранение, транспортирование и внесение удобрений.

В важнейших растениеводческих зонах минеральные удобрения применяются преимущественно в смешанном виде. Практика применения удобрений показала достаточность сравнительно небольшого числа вариантов соотношения элементов питания в смешанных удобрениях. Например, под

зерновые культуры рекомендуются смеси с соотношением $N:P_2O_5:K_2O$ равным 1:2:2; 1:2:1 или 1:1:1; под сахарную свеклу 1:2:1; 1:1,5:1,5 и т. д.

Помимо основных элементов питания (N,P,K), смешанные удобрения могут содержать микроэлементы, инсектофунгициды, гербициды и др. Для улучшения физических свойств или нейтрализации избыточной кислотности в состав тукосмесей часто добавляют костяную или фосфоритную муку, мел, известняк и др.

Смешанные удобрения производят двумя способами: сухим и мокрым. При сухом смешивании получают порошкообразные удобрения (тукосмесь) — продукт механического смешивания порошкообразных простых или сложных удобрений — и гранулированные смешанные удобрения, получаемые механическим смешиванием простых или сложных гранулированных удобрений. При мокром смешивании получают сложносмешанные гранулированные удобрения, для которых используют порошкообразные удобрения с добавлением жидких реагентов (аммиаатов, кислот, газообразного аммиака) и последующим гранулированием.

Смешанные удобрения должны иметь заданное соотношение и высокую концентрацию элементов питания; однородность состава; отсутствие расслаивания (сегрегация гранул); хорошие физические свойства (малая гигроскопичность, несслеживаемость, хорошая рассеиваемость); в них не должна происходить ретроградация P_2O_5 (переход в трудноусвояемую форму) и не должно быть потерь азота в виде образования его окислов или аммиака.

При получении смешанных удобрений необходимо знать, что некоторые исходные удобрения и другие продукты нельзя смешивать друг с другом, так как могут происходить нежелательные химические процессы (улетучивание, превращение в неусвояемую форму) и ухудшаться физические свойства удобрений. Например, при смешивании аммиачной селитры с суперфосфатом теряется некоторая часть азота в виде паров HNO_3 или окислов азота и физические свойства смеси оказываются худшими, чем исходных компонентов — удобрений — из-за образования сильно гигроскопичного нитрата кальция.

При смешивании суперфосфата с сульфатом аммония образуется смесь, обладающая малой гигроскопичностью, но которая при длительном хранении слеживается и затвердевает. Тукосмеси с хорошими физическими свойствами (небольшая гигроскопичность и несслеживаемость при хранении)

медленно и которые можно готовить только перед внесением. Возможности смешивания удобрений значительно увеличиваются при добавке к ним нейтрализующих материалов, что в приведенной диаграмме не учитывается.

Смешанные удобрения изготавливают на химических предприятиях и на специальных тукосмесительных станциях. Смешивание удобрений производится и в самих хозяйствах.

Смесительные установки небольшой мощности работают по мере необходимости. Исходные компоненты просеивают и крупные фракции измельчают. Отвешенные в соответствии с намеченным составом компоненты загружают в смеситель и перемешивают в течение нескольких минут. В качестве смесителя можно использовать вращающиеся барабаны, шнековые, тарельчатые и другие аппараты и механизмы. Например, на складах минеральных удобрений глубинных пунктов агрохимического обслуживания предусмотрено применение для приготовления смеси удобрений тукосмесительной установки конструкции НИПТИМЭСХ Северо-Запада. Имеются и другие механизмы и приспособления для туко-смешивания.

В период прохождения практики студенты знакомятся со смешиванием удобрений, с составлением тукосмесей под различные сельскохозяйственные культуры непосредственно в хозяйствах или на пунктах агрохимического обслуживания. Внимание студентов заостряется на соотношении макроэлементов в тукосмесях и влиянии его на качество и сохранность сельскохозяйственной продукции.

Раздел VII

ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ АГРОХИМИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

В 1964 г. в СССР создана единая государственная агрохимическая служба, основой которой являются 205 зональных (областных, республиканских) агрохимических лабораторий с более чем 1800 районными агрохимическими пунктами.

Химизация сельского хозяйства — сложная комплексная проблема. Ее осуществление должна проводить единая служба химизации сельского хозяйства, которая обеспечит выполнение всех работ по рациональному распределению,

транспортировке, хранению, научно обоснованному применению всех химических средств в сельском хозяйстве. Опыт работы агрохимических центров Туркменской ССР, Таджикской ССР, Украинской ССР и Молдавской ССР, ряда областей и автономных республик РСФСР показывает, что эта форма организации агрохимического обслуживания значительно повышает эффективность удобрений и резко снижает затраты на их применение. Единая служба химизации сельского хозяйства должна стать неотъемлемым звеном в общей системе сельскохозяйственного производства.

Централизованное агрохимическое обслуживание сельскохозяйственных предприятий предусматривает проведение работ единой специализированной организацией, имеющей сеть агрохимических комплексов или механизированных пунктов.

Научные исследования и практический опыт показывают, что важнейшим резервом снижения затрат при применении удобрений и ядохимикатов и повышения их эффективности является централизованное агрохимическое обслуживание сельскохозяйственных предприятий. Такая система предусматривает применение всех видов удобрений и ядохимикатов специализированными центрами агрохимического обслуживания (ЦАО), которые будут обеспечены необходимыми материально-техническими средствами и кадрами агрохимиков, инженеров, механизаторов. Основой материально-технической базы центров являются механизированные склады для удобрений и сельскохозяйственные аэродромы.

Технико-экономические расчеты показывают, что пункты агрохимического обслуживания должны быть двух типов: центральные (головные) и глубинные. Центральные пункты создаются на базе прирельсовых и пристанских складов химизации, а глубинные — на базе складов удобрений и аэродромов хозяйств.

В задачи центральных пунктов агрохимического обслуживания (ЦПАО) входит:

1. Выгрузка из железнодорожного, водного транспорта минеральных удобрений, химикатов и химических мелiorантов.
2. Доставка минеральных удобрений на глубинные пункты.
3. Хранение, подготовка (измельчение, смешивание) и внесение на поля близлежащих хозяйств минеральных удобрений, ядохимикатов и других химических средств защиты растений от сорняков, вредителей и болезней, а также известковых или гипсодержащих материалов.

4. Заготовка, транспортировка и внесение местных известковых и гипсодержащих материалов.

5. Заготовка торфа, приготовление, транспортировка и внесение торфокомпостов и навоза.

6. Выполнение культуртехнических работ по улучшению плодородия почв.

Глубинные пункты агрохимического обслуживания (ГПАО) являются филиалами ЦПАО и выполняют роль промежуточных баз для агрохимического обслуживания отдаленных хозяйств. Задачей глубинных пунктов агрохимического обслуживания является:

1. Накопление, хранение, измельчение, смешивание и внесение минеральных удобрений и тукосмесей.

2. Кратковременное хранение (на период внесения), приготовление растворов и внесение ядохимикатов.

Для непосредственного выполнения работ по агрохимическому обслуживанию при центральных пунктах создаются специализированные подразделения — бригады стационарных работ и отряд химизации.

Бригада стационарных работ обеспечивает выгрузку всех химических средств из железнодорожного (или водного) транспорта, выполняет все работы по внутрискладской доработке, подготовке и погрузке их в транспортные средства (разбрасыватели, самолеты). Бригада обслуживает как центральный, так и глубинные пункты.

Отряд химизации является мобильным подразделением, которое обеспечивает транспортировку, внесение органических и минеральных удобрений, ядохимикатов и химических мелиорантов на всей обслуживаемой территории.

Критерием оптимального размещения ПАО является получение минимума суммарных затрат на хранение, подготовку, транспортировку и внесение минеральных удобрений и химикатов.

В настоящее время научно-исследовательскими и проектно-технологическими учреждениями разработана методика расчета оптимальной производственной мощности пунктов и их размещения. Этой методикой предусмотрено рациональное размещение головных и глубинных пунктов агрохимического обслуживания. В среднем один головной пункт будет обслуживать 3...4 близлежащих хозяйства и доставлять ядохимикаты в 3...4 глубинных пункта.

Большинство глубинных пунктов являются межхозяйственными, т. е. один пункт обслуживает в среднем 2...3 хозяйства. В больших хозяйствах со значительными объемами

ми использования удобрений можно построить глубокий пункт, который будет обслуживать это хозяйство. Ряд головных пунктов будут иметь межхозяйственные аэродромы с твердым покрытием взлетно-посадочной полосы.

Например, схема оптимального размещения пунктов агрохимического обслуживания в Ленинградской области предусматривает строительство 21 головного, 73 глубоких пунктов. Общая вместимость складов минеральных удобрений головных и глубоких пунктов составляет более 267 тыс. т.

Централизация работ по агрохимическому обслуживанию сельскохозяйственного производства в нашей стране начала осуществляться в годы девятой пятилетки.

В настоящее время в ряде областей РСФСР, в том числе в Ленинградской области, созданы специализированные тресты «Агрохим», а в Марийской АССР, Московской, Костромской и других областях — научно-производственные объединения по агрохимическому обслуживанию сельскохозяйственных предприятий. Это может служить основанием для создания всесоюзной и республиканских специализированных служб по агрохимическому обслуживанию колхозов и совхозов нашей страны.

Наиболее полно требованиям специализации и концентрации работ по агрохимическому обслуживанию отвечают научно-производственные объединения, которые состоят из центрального управления, республиканской (областной) станции химизации сельскохозяйственного производства и районных агрохимобъединений с сетью межхозяйственных пунктов химизации. Агрохимобъединение не является хозяином земли, оно только оказывает квалифицированные услуги хозяйствам. Эта форма не противоречит аграрным отношениям, которые сложились у нас в стране.

Централизованная система агрохимического обслуживания хозяйств позволяет уменьшить потребность в капиталовложениях, снизить транспортные расходы и объем ручного труда на погрузо-разгрузочных операциях, а также уменьшить потери удобрений. Кроме того, централизованное агрохимическое обслуживание сельскохозяйственных предприятий способствует внедрению новых, более прогрессивных технологий работ по использованию средств химизации (электропогрузчики, кран-балки, мягкие контейнеры, открытые площадки кратковременного хранения удобрений и т. п.)

Агрохимцентры, пункты химизации и другие подразделе-

ния по агрохимическому обслуживанию колхозов и совхозов осуществляют свою работу, как правило, на основе хозрасчетных заданий. Проектно-сметная документация и технология работ разрабатываются для каждого поля на основании агрохимического анализа почв, особенностей возделываемых культур, их планируемой урожайности и других данных.

На агрохимцентрах в перспективе планируется создание автоматизированных систем управления (АСУ). Это позволит оперативнее решать вопрос планирования применения удобрений, химических мелиорантов и ядохимикатов, а также определять и применять оптимальные технологические схемы механизации работ при агрохимическом обслуживании сельскохозяйственных предприятий.

Государственная агрохимическая служба осуществляет научно-методическое руководство и контроль за рациональным использованием химических средств агрохимцентрами.

Во время прохождения учебной практики студенты знакомятся с одним из центров агрохимического обслуживания.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Коэффициенты перевода продукции растениеводства в зерновые единицы для определения суммарной прибавки урожая от системы удобрения в севооборотах

Культура и продукция	Коэффициент пересчета	Культура и продукция	Коэффициент пересчета
Пшеница, рожь, ячмень	1,0	Мак	1,14
Овес	0,8	Картофель (клубни)	0,25
Сахарная свекла	0,26	Овощи	0,16
Хлопок-сырец	1,5	Кормовые корнеплоды	0,2
Лен-долгунец:		Сено трав:	
волокно	3,85	однолетних	0,4
семена	1,65	многолетних	0,5
солома	0,41	Солома:	
Подсолнечник (семена)	1,47	озимых культур	0,2
Конопля среднерусская		яровых культур	0,25
волокно	3,85	Кукуруза на силос и зеленый корм	0,17
семена	1,63	Ягоды	0,12
солома	0,4	Виноград	0,22
Лен-кудряш (семена)	1,65	Косточковые плоды	0,14
Табак	1,65	Семечковые плоды	0,22
Махорка	1,47	Эфиромасличные	1,24

Приложение 2. Оптовые цены на наиболее распространенные минеральные удобрения для сельского хозяйства (прейскурант № 05-01, 1974)

Виды удобрений	Обозначение удобрений	Содержание основного вещества, % не менее	Оптовая цена 1 т в натуре, руб.
<i>Азотные (N)</i>			
Аммиак жидкий синтетический	N _{ба}	82,0	72,0
Аммиачная вода марки В	N _{ва}	20,5	22,0
Карбамид марки Б	N _м	46,0	80,0
Селитра аммиачная марки Б	N _{аа}	34,0	53,0
Сульфат аммония, сорт I—II	NN _а	20,8	35,0
<i>Фосфорные (P₂O₅)</i>			
Суперфосфат простой из апатитового концентрата:			
порошковидный	P _с	20 ± 1	17,5
гранулированный	P _{сг}	20 ± 1	24,0
Суперфосфат простой из фосфоритов Каратау, аммонизированный (1,5... 2,5% N) сушеный:			
порошковидный	P _с	15,1	18,5
гранулированный	P _{сг}	15,1	25,0
Суперфосфат двойной гранулированный:			
марки А	P _{сд}	49 ± 1	64,5
марки Б		43 ± 1	64,5
Преципитат удобрительный	P _п	38,0	34,0
Мука фосфоритная:			
сорт II	P _ф	23 ± 1	9,0
сорт III		20 ± 1	9,0
<i>Калийные (K₂O)</i>			
Калий хлористый:			
сорт I	K _х	60 ± 0,5	12,0
сорт II		57,5 ± 0,6	12,0
крупнозернистый		53,7 ± 0,6	10,0
Калимагнезия порошковидная (9 ± 1% MgO)			
	—	29 ± 1	10,0
Сульфат калия:			
технический	K _с	48,0	20,0
удобрительный, I—II сорт		46,0...50,0	20,0

Виды удобрений	Обозначение удобрений	Содержание основного вещества, %, не менее	Оптовая цена 1 т в натуре, руб.
Соль калийная смешанная 40%-ная	K _к	40,0	7,0
Сильвинит молотый	—	14,0	1,4
Каинит природный	—	10 ± 0,5	2,5
<i>Комплексные (N-P₂O₅-K₂O)</i>			
Селитра калиевая техническая:	N _{ск}		
сорт I		13,8...0...46,4	163,0
сорт II		13,8...0...46,3	155,0
Аммофос гранулированный из апатитового концентрата:	P _{ам}		
марка А	—	11...50 ± 1...0	95,0
марка Б	—	11...46 ± 1...0	95,0
Диаммоний-фосфат гранулированный для удобрения	P _{дам}	19...49...0	112,0
Нитроаммофоска гранулированная:	НАФК		
сорт А (1:1:1)		17...17...17	65,0
сорт Б (1:1,5:1,5)		13...19...19	65,0
Нитрофоска азотно-сульфатная гранулированная	НФК	11...10...11	33,5

Приложение 3. Наценка «Госкомсельхозтехники» при продаже и доставке одной тонны минеральных удобрений, руб.

Эстонская ССР	5,50	РСФСР	8,20
Украинская ССР, Белорусская ССР, Литовская ССР, Молдавская ССР и Латвийская ССР	6,00	Узбекская ССР	8,40
		Армянская ССР	8,50
		Киргизская ССР, Туркменская ССР	8,70
		Казахская ССР	9,90
Азербайджанская ССР	6,60	Таджикская ССР	10,0
Грузинская ССР	7,80		

Приложение 4. Обозначения удобрений

$N_{ад}$	— аммоний азотнокислый	K_x	— калий хлористый
N_a	— аммоний сернокислый	K_c	— калий сернокислый
N_m	— мочеви́на	$K_{кс}$	— калийная соль
N_c	— селитра натриевая	$P_{ам}$	— аммофос
$N_{ск}$	— селитра калийная	$P_{лам}$	— диаммофос
$N_{скц}$	— селитра кальциевая	НФ	— нитрофос
$N_{ц}$	— цианамид кальция	ФМ	— фосфат мочевины
$N_{ва}$	— водный аммиак	НФК	— нитрофоска
$N_{ба}$	— безводный аммиак	НАФК	— нитроаммофоска
P_c	— суперфосфат простой	ПФА	— полифосфат аммония
$P_{сг}$	— суперфосфат гранулиро- ванный	МФА	— метафосфат аммония
$P_{сд}$	— суперфосфат двойной	МФК	— метафосфат калия
P_p	— преципитат	Н	— навоз
$P_{оф}$	— обесфторенный фосфат	ТНК	— торфонавозный ком- пост
P_f	— фосфоритная мука	ТМАУ	— торфоминеральные аммиачные удобрения
$P_{фш}$	— фосфатшлак		

УКАЗАТЕЛЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Агрохимия/Под ред. П. М. Смирнова и А. В. Петербургского. М., 1975.
- Агрохимические методы исследования почв.—5-е изд. М., 1975.
- Баранов Н. Н. Экономика использования удобрений. М., 1973.
- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта.—3-е изд. М., 1973.
- Журбицкий З. И. Теория и практика вегетационного метода. М., 1968.
- Магницкий К. П. Диагностика потребности растений в удобрениях. М., 1972.
- Методика полевых и вегетационных опытов с удобрениями и гербицидами. М., 1967.
- Петербургский А. В. Агрохимия и физиология питания растений. М., 1971.
- Прейскурант № 05-01: Оптовые цены на химическую продукцию.—Часть IV. Минеральные удобрения и химические средства защиты растений. М., 1974.
- Руководство по составлению почвенных и агрохимических карт/Под ред. А. В. Соколова. М., 1964.
- Церлинг В. В. Принципы и значение растительной диагностики. М., 1976.
- Юдин Ф. А. Методика агрохимических исследований. М., 1971.

СОДЕРЖАНИЕ

Цель и задачи летней учебной практики по агрохимии . . .	3
Содержание и продолжительность летней учебной практики . .	5
Раздел I. Вегетационный метод исследования	7
История вегетационного метода исследования и роль русской физиологической школы в развитии вегета- ционного метода	7
Задачи вегетационного метода исследования	10
Методика составления программы исследований и схе- мы вегетационного опыта	12
Вегетационные сооружения, их устройство и оснаще- ние	15
Модификации вегетационного метода	22
Порядок и техника закладки вегетационного опыта	29
Почвенные культуры	29
Песчаные культуры	37
Водные культуры	41
Наблюдения и обработка данных в вегетацион- ном опыте	45
Раздел II. Полевой метод исследования	47
Полевой опыт как основной метод исследования в агрохимии	47
Модификации полевого опыта	48
Основные требования к методике полевого опыта	50
Планирование и организация полевого опыта	53
Выбор и подготовка участка для опыта	57
Основные элементы методики полевого опыта	59
Техника закладки и проведения полевого опыта	64
Раздел III. Анализ растений как метод диагностики пита- ния и установления потребности растений в удобрениях	89
Визуальная диагностика	89
Химическая диагностика	94

Раздел IV. Составление агрохимических картограмм . . .	108
Подготовка к полевой работе	108
Полевые и лабораторные исследования	112
Оформление агрохимических картограмм	114
Примерное содержание агрохимического очерка	116
Раздел V. Агрономическая и экономическая эффективность удобрений	117
Раздел VI. Смешанные удобрения. Приготовление тукосме- сей	122
Раздел VII. Централизованное агрохимическое обслуживание	125
Приложения	130
Указатель рекомендуемой литературы	134

Виктор Никифорович Ефимов,
Виктор Григорьевич Калининко,
Марина Леонидовна Горлова

**ПОСОБИЕ
К УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ
ПО АГРОХИМИИ**

Редактор В. А. Алексеева. Художественный редактор О. П. Андреев. Технический редактор Л. Б. Резникова. Корректор Л. В. Вешнякова.

ИБ № 0981

Сдано в набор 15.06.78. Подписано к печати 30.11.78. Формат 84 × 108^{1/32}. Бумага тип. № 1. Гарнитура Таймс. Печать высокая. Усл. печ. л. 7,14. Уч.-изд. л. 7,53. Изд. № 127. Тираж 21000 экз. Заказ № 15. Цена 25 коп. Отделение ордена Трудового Красного Знамени издательства «Колос», 191186, Ленинград, Д-186, Невский пр., 28.

Ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136, Гатчинская ул., 26.

