**ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ОПЫТ**

Вегетационный метод - это исследование, осуществляемое в строго контролируемых условиях внешней среды сроком от нескольких дней до нескольких месяцев — вегетационных домиках, теплицах, оранжереях, климатических камерах и других сооружениях с целью установления различий между вариантами опыта и количественной оценки действия и взаимодействия изучаемых факторов на урожай растений и его качество.

Основная цель вегетационного метода – изучить влияние отдельных факторов жизни растений, сущность процессов, которые происходят в растении, в почве и в системе, почва – растение.

Вегетационный метод, или постановка опытов с выращиванием растений в сосудах, применяется с различными целями. В физиологии растений и агрохимии большое значение имеют водные, песчаные и почвенные культуры, т. е. опыты с выращиванием растений в воде, кварцевом песке или почве.

Задачей вегетационного метода является изучение физиологической роли питательных веществ и их поступление в растение, значение реакции среды (pH), нормы полива, отношение различных растений к концентрации питательного раствора, к температуре (морозостойкость), влаге (засухоустойчивость), свету (фотопериодизм), к химическим средствам защиты растений, гербицидам и т.д. Чтобы выяснить значение для растений тех или иных химических элементов или их солей, вместо почвы сосуды заполняют чистым кварцевым песком либо дистиллированной водой (водные культуры, гидропоника, песчаные культуры) и в них вводят подлежащие изучению соединения.

Вегетационный метод не может заменить собой полевые опыты, так как условия произрастания растений и использование ими питательных веществ в вегетационных опытах существенно отличаются от условий роста растений в поле.

ВЕГЕТАЦИОННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

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

**Вегетационный домик** (теплица), здание (павильон) со стеклянными стенами и крышей, хорошо проветриваемое, в котором проводят вегетационные опыты. В вегетационном домике на каталках, вагонетках установлены сосуды с растениями. Днём в хорошую погоду вагонетки выкатывают на примыкающую к домику с южной стороны площадку или специально устраиваемый неподалёку от вегетационного домика сетчатый павильон (для защиты растений от птиц). В России первый вегетационный домик был построен по инициативе К. А. Тимирязева в 1872 на территории Петровской сельскохозяйственной академии (ныне Московская сельскохозяйственная академия им. Тимирязева).

**Сетчатый павильон** защищает растения от птиц и повреждений. Для каркаса используют водопроводные и газопроводные трубы, железные угольники, на которые натягивают металлическую сетку с размером ячеек 1,5×1,5 или 2,0×2,0 см. Сетка с большим размером ячеек плохо защищает растения от птиц, а мелкоячеистая снижает освещенность растений.

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

**Терморегулируемые камеры** – достаточно большие помещения, в которых регулируется температура и влажность; интенсивность света в них относительно низкая. Для длительного выращивания растений они непригодны.

**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. Вегетационные камеры могут быть с внутренним и внешним освещением.

В полевых условиях растения берут питательные вещества как из пахотного, так и из нижних горизонтов почвы, в вегетационном же опыте исследуется только пахотный слой почвы. В сосудах в течение всего времени вегетации сохраняется оптимальная влажность почвы, следовательно, мобилизация питательных веществ протекает иначе, чем в полевых условиях.

Различия в ходе мобилизации питательных веществ в вегетационном опыте и в поле отмечаются главным образом для азотных соединений. Поэтому общепринятый вегетационный метод применяется преимущественно для определения использования растениями фосфора и калия. Вегетационный опыт может быть также широко использован для оценки быстрых методов определения потребности растений в удобрениях.

МОДИФИКАЦИИ ВЕГЕТАЦИОННОГО МЕТОДА

С помощью вегетационного метода детально расчленяют и выявляют значение отдельных факторов роста в жизни растений. Он позволяет поддерживать постоянными и в более благоприятных границах различные внешние условия: обеспечение влагой растения, выровненное корневое питание и одинаковые для всех растений условия освещения и температуры.

Вегетационные методы классифицируются по субстрату, на котором выращивается растение. Это может быть почвенная, песчаная или водная культура. Выбор модификации метода, т.е. субстрат, определяется тем, в какой мере для исследования важен учёт условий корневого питания растений.

**Почвенные культуры** наиболее распространены в агрохимических исследованиях. Это самая простая модификация вегетационного метода, когда растения выращивают в сосудах с почвой, что приближает условия их питания к естественным. 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 объектом исследования.

Существенный недостаток вегетационного метода с почвенной культурой – ограниченность объема почвы, в котором 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 получаемые вегетационным методом данные о потребности в удобрении нередко оказываются преувеличенными.

Другой существенный недостаток вегетационного метода - разрушение почвенной структуры при высушивании и просеивании почвы перед набивкой в сосуды. Поэтому получаемые вегетационным методом результаты следует рассматривать как предварительные и очень осторожно переносить на полевые условия.

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

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

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 растений при различных условиях питания, влияние реакции и буферности среды на рост и развитие растений, а также влияния различного уровня питания в разные периоды роста растений.

ТЕХНИКА ВЕГЕТАЦИОННОГО ОПЫТА

**Взятие и подготовка почвы**. Основные операции при постановке вегетационных опытов с почвенными культурами следующие: взятие почвы с поля, подготовка почвы, набивка сосудов, внесение удобрений, посев, уход за растениями, полив и учет урожая.

При выборе почвы для вегетационного опыта необходимо заранее установить, на какой почве должен быть поставлен опыт для разрешения стоящей перед экспериментатором задачи, установить точное наименование почвы, указать, откуда взят образец, культурное состояние и историю участка, с которого взят образец (унавоживался ли и в какой степени, вносились ли на него минеральные удобрения, когда, какие и в каком количестве, из-под каких культур взят образец).

Нередко вегетационные опыты не дают нужных результатов вследствие неудачного выбора почвы, когда может оказаться, что растение на этой почве не реагирует на изучаемое удобрение. При постановке опыта по изучению фосфатных или калийных солей необходимо брать почву с участка, для которого уже имеются данные полевых опытов об отзывчивости его почвы на фосфор или калий. В крайнем случае, зная историю поля и его урожайность, можно ограничиться контрольными анализами на количество усвояемого фосфора и калия.

На поле почву берут лопатами в чистые мешки. Надо следить, чтобы во взятых для почвы мешках не было остатков удобрений: один случайно попавший комочек удобрения может испортить весь опыт. Если почву берут в большом количестве, то ее можно погружать навалом на подстеленный брезент. Перевозить почву лучше всего в плотных деревянных ящиках или мешках. При большом количестве почву перевозят в вагоне навалом.

Количество необходимой для постановки опытов почвы определяют с учетом числа сосудов и их емкости. Так как при взятии, доставке и подготовке почвы для опытов происходят большие потери, то количество почвы, взятой в поле, должно быть не менее чем на 25 % выше вычисленного на основании числа сосудов в предстоящих опытах и емкости их. Если почва в поле была очень влажной, то ее приходится брать на 30-40% больше количества, необходимого для набивки сосудов.

Наиболее удобной считается такая влажность почвы, при которой почва не пылит, но и не мажется и легко распадается на комки. Доставку, хранение и разборку почвы надо организовать так, чтобы почва не успела высохнуть. Высыхание почвы приводит к повышению в ней количества усвояемых веществ, главным образом азотных, а затем и фосфорных соединений. Поэтому опыт, поставленный с влажной почвой, может дать другие результаты, чем опыт, поставленный с этой же почвой, но после ее высыхания.

Время взятия в поле почвы имеет существенное значение для ее свойств. В течение летнего периода в почве происходит нитрификация почвенного азота и иммобилизация растворимых фосфатов. Поэтому почва, взятая ранней весной, будет сильнее отзываться на азот и слабее на фосфор, чем почва, взятая с того же участка летом.

Весьма часто вегетационные опыты закладывают с почвами, которые берут с опытных делянок. Если в опыте делянки малого размера, почву приходится брать в небольшом количестве и опыт закладывать в малых сосудах. С опытных делянок почву берут по тем же правилам, как и среднюю пробу почвы для анализа, т. е. из разных мест делянки на глубину пахотного слоя. Недопустимо брать почву с делянок, только что получивших минеральное или навозное удобрение. В этом случае свойства почвы будут целиком зависеть от того, попадут случайно во взятую почву комки удобрения или нет. Лишь после неоднократной обработки удобренного участка взятый с него образец почвы может характеризовать свойства почвенного покрова делянки.

**Подготовка почвы** для опытов заключается в приведении ее в однородную по своему составу й свойству массу и состоит из перемешивания почвы, пропускания ее через сита и удаления камней, корней и пожнивных остатков. В практике опытного дела принято однократное пропускание почвы через сито с отверстиями в 3 мм. Лучше брать проволочное сито (производительность его больше), чем металлическое с круглыми отверстиями. Операция просева производится следующим образом. Почву высыпают из мешков на сита, стоящие на стойках над брезентом. Крупные комки почвы раздавливают руками, отбирают корни, пожнивные остатки, комки и т. п. Просеянную почву ссыпают в коробки для хранения. В большинстве случаев такой однократной обработки достаточно, чтобы иметь удовлетворительное схождение параллельных опытов. В тех случаях, когда желают иметь большую однородность образца почвы, перед началом опыта берут необходимое количество уже разработанной почвы, высыпают на чистый брезент, тщательно перелопачивают, затем равномерно распределяют по брезенту и, беря лопатой почву из разных мест, насыпают в ящик, из которого потом ее берут при набивке сосудов. Подтверждением однородности почвы может служить наличие одинаковых расхождений между урожаями в параллельных сосудах при их набивке подряд и после набивки сосудов других вариантов.

**Набивка почвы в сосуды.** Сосуды для вегетационных опытов изготовляются из стекла или оцинкованного железа. Стеклянные сосуды имеют ряд преимуществ перед железными: они легко моются, стенки их не разъедаются почвенным раствором, сквозь стекло видно, как набит сосуд; подготовка к опыту стеклянных сосудов занимает меньше времени, чем железных. Металлические сосуды имеют существенное преимущество перед стеклянными по прочности. Если опыт ставится не в вегетационном домике, а под сеткой, то применяют только железные сосуды Митчерлиха, имеющие отверстия внизу сосуда, и поддонники.

Наиболее удобны и практичны металлические сосуды, покрытые эмалевой краской, так называемые эмалированные сосуды, а также металлические сосуды Вагнера, Митчерлиха и Кирсанова.

Сосуды Митчерлиха, Кирсанова и др. состоят из собственно сосуда, дренажа и поддона, в который стекает избыток воды.

Сосуды Вагнера. Металлические цилиндры с несколько выпуклым дном на трех прочных ножках из полосового железа, верхний край их имеет поясок для увеличения прочности и крепления трех ушек, в которые в период вегетации вставляются тонкие железные прутья для подвязки растений. Растениям не дают падать натянутые на эти три прута шпагат или железные кольца, которые надеваются на них, образуя каркас. Сбоку к сосуду припаивают трубку диаметром 2 см, длиной 12 см, которая снизу сообщается при помощи круглого отверстия с дном сосуда и служит для наливания воды при поливе растений в сосудах. При набивке сосуда почвой или песком отверстие закрывается железным желобом с зазубренными краями или гребешком.

Сосуды Митчерлиха. Они эмалированные железные, дно имеет выпуклую форму. По всей поверхности дна проходят отверстия, поэтому вода в сосудах не застаивается и излишек ее стекает в поддон. Поддон имеет с одной стороны рукоятку, а с другой носик для сливания.

Сосуды Кирсанова. Отличаются от сосудов Митчерлиха тем, что в дне их сделана продольная щель шириной 1 см, длиной 8 – 10 см. Сосуд имеет три ножки высотой 9 – 10 см, под него ставят поддон.

Размер сосудов должен соответствовать опытному растению. Для большинства растений, кроме корнеплодов, картофеля и мощно развивающихся лубяных растений, наиболее пригодными размерами сосудов являются: 15×20, 20×20 и 15×30 см. В сосудах этих размеров можно удачно проводить опыты со льном, овсом, ячменем, пшеницей, просом, горохом, гречихой, горчицей, люпином, большинством овощных растений. Точность опыта зависит от числа растений в сосуде; поэтому для таких растений, как лен и большинство злаков, сосуды размером 20×20 см наиболее желательны. Сосуды размером 15×30 см имеют некоторое преимущество; благодаря более глубокому слою почвы они лучше сохраняют влагу, и растения в них лучше развиваются. Но при надлежащем поливе даже такие глубоко укореняющиеся растения, как люцерна и клевер, дают большие урожаи и в сосудах 20×20 см. Стеклянные сосуды шире, чем 20 см в диаметре обычно не применяют, так как большие сосуды легко бьются. Для корнеплодов и картофеля наиболее употребительные размеры сосудов 30×30 и 25×30 см. Сосуды размером 25×30 см удобнее в обращении, хотя в них растения развиваются несколько хуже, чем в сосудах 30×30 см, но все же они пригодны для постановки опытов с большинством корнеплодов (сахарной свеклой и др.).

Для каждого опыта необходимо подобрать партию одинаковых сосудов. Для этого все сосуды предварительно взвешивают с точностью до 10 г и вес отмечают на их стенках. Сосуды, отобранные для одного опыта, должны различаться по весу не более чем на 100 г. Отобранные по весу сосуды необходимо проверить по диаметру и высоте. Сосуды размером 15×30 и 20×20 см должны различаться по диаметру не более чем на 0,5 см. Опыт можно закладывать только в сосудах, одинаковых по объему.

Перед набивкой сосуды надо тщательно вымыть водопроводной водой, а затем дистиллированной, если полив будет производиться ею. Стеклянная трубочка, применяемая для проводки воды при поливе на дно сосуда, должна быть на 2-4 см выше краев сосуда и иметь диаметр в 1,2-1,7 см, в зависимости от размера сосудов. Узкие трубки неудобны, так как они задерживают полив растения. Перед употреблением трубки моют так же, как и сосуды.

На дно сосуда помещают для дренажа инертный материал.

Количество дренажа должно быть достаточно велико, чтобы при поливе сосудов через трубку не приходилось ждать полного впитывания воды в почву, а можно было бы сразу влить все нужное количество воды. Недостаточный дренаж на дне сосуда или узкая трубка приводят к большим потерям времени при поливе сосудов. Дренаж должен покрывать около 2/3 дна сосуда под углом примерно в 30°. Для улучшения развития растений и экономии времени лучше давать скорее излишнее, чем недостаточное, количество.

При диаметре сосудов 15 см достаточно взять 200-250 г стекла, при: диаметре 20 см - 300-350 г. Иногда для дренажа применяют железный эмалированный или крытый даммаровым лаком конус, помещаемый на дно сосуда.

Для отделения дренажа от почвы употребляют марлевые круги, диаметр которых на 5-8 см больше диаметра сосудов. Если вместо марли употребляют другую ткань, то ее необходимо прокипятить в воде. Марлю помещают на дренаж и сверху на нее насыпают небольшое количество песка, что обеспечивает равномерность увлажнения почвы около дна сосуда.

Кварцевый песок, употребляемый при постановке вегетационных опытов, предварительно отмучивают от глинистых частиц и органических примесей водопроводной водой в вегетационных или других сосудах. Затем песок высушивают или на солнце, или в сушилках. Промывку песка соляной кислотой при постановке опытов с почвенными культурами можно не делать. В некоторых случаях можно избежать и отмучивания песка, ограничившись отсеиванием его от глинистых частиц через сито с размером ячеек в 1 мм и однократной промывкой дистиллированной водой.

Для удобства проведения поливов сосуды необходимо тарировать, т. е. привести их к одинаковому весу. Тарирование производят песком и материалом, применяемым для дренажа. Опыты К. К. Гедройца показали, что количество дренажа влияет на высоту урожая, поэтому при тарировании следует отбирать сосуды, близкие по весу, и само тарирование производить песком. В случае применения конуса тарировать можно и дренажем, который помещают под конус.

При тарировании и подготовке сосудов к набивке сначала насыпают в сосуд дренаж, покрывают его кружком марли и сбоку через отверстие, сделанное в марле, вставляют в эту горку трубку для полива так, чтобы она отстояла от стенки сосуда не менее, чем на 2 см. Затем производят тарирование сосуда кварцевым песком, насыпаемым на марлю, с точностью до 5 г. После тарирования на сосуд наклеивают этикетку и, кроме того, на стенке сосуда обозначают его номер.

При набивке сосудов почву аккуратно насыпают на дно, в середину лежащей марли, осторожно расправив последнюю руками и плотно примяв ее края почвой к стенкам сосуда. Почва не должна просыпаться между марлей и стенками сосуда. Нижний слой почвы, примерно в 3-4 см толщины, укладывают более плотно, чем остальную почву в сосуде. Такое уплотнение предохраняет от попадания почвы в дренаж и создает более равномерные условия впитывания влаги. Если сверх марли помещен кварцевый песок, как указано выше, почву насыпают непосредственно на песок. В дальнейшем почва равномерно уплотняется и поверхность ее выравнивается; до верхнего края сосуда должно остаться около 1,5-2 см свободного пространства для размещения песка и полива сверху. Как правило, следует применять равномерное уплотнение почвы во все время набивки, более сильно уплотнив лишь самый нижний ее слой. Недостаточно уплотненная почва сильно оседает за вегетационный период и при поливе сверху размывается; при поливе снизу в недостаточно уплотненной почве происходят разрывы почвы и корней, особенно в узких сосудах, размером 15×30 см.

Чтобы равномерно набить целую серию сосудов, надо иметь некоторый навык. Недопустимо, чтобы одни сосуды уплотнялись сильнее, а другие слабее. Если сосуды правильно подобраны для опыта (имеют одинаковые диаметр и высоту), то при одинаковом весе почвы и равномерном уплотнении ее во всех сосудах должно остаться одно и то же расстояние от поверхности почвы до края сосуда.

Количество почвы, вносимое в сосуд, устанавливается пробной набивкой; при неправильном установлении количества почвы на сосуд приходится набивать сосуды заново.

Наполненные почвой сосуды следует до посева или сразу после посева засыпать сверху слоем кварцевого песка, около 200 г на сосуд среднего размера. После появления всходов сосуды снова засыпают песком с такими расчетом, чтобы слой песка сверху был не более 1 см толщины. Слой кварцевого песка сверху сосуда предохраняет почву от излишней потери влаги, уменьшая испарение воды с поверхности сосудов, и от размывания поверхности почвы при поливе сверху.

Перед набивкой сосудов берут из подготовленной почвы пробу с четырехкратной повторностью для определения влажности.

Во время набивки заготовленная почва должна быть предохранена от высыхания. Количество добавляемой воды должно обеспечить оптимальную для набивки влажность почвы. Взятые для отдельных сосудов навески почвы помещают в большие эмалированные тазы, в которых почву перемешивают с удобрениями (последние могут вноситься в виде растворов или порошков). Почва не должна пылить и мазаться по стенкам таза, а при сжимании должна образовывать комки, которые легко распадаются, если их выронить из руки. Добавляемое при набивке количество воды должно быть одинаковым во всех сосудах; если часть удобрений вносится в растворах, количество воды, добавляемой в эти сосуды, должно быть соответственно уменьшено.

Чтобы не перепутать удобрения при набивке, схему опыта выписывают на листе с точным, но кратким указанием, что добавляется в каждый сосуд. Например, сосуд   
№ 11: воды —175 мл (NH.})S04 — 0,5 г, Na2HPC>4 • 12НгО—0,25 г, K2SO4 - 50 мл. При набивке все вносимое отмечают на листе карандашом. Число отвешенных пакетов с удобрениями должно соответствовать числу сосудов с удобряемой почвой; на каждом пакете должен быть номер сосуда. На тазу, после того как в него высыпана навеска почвы, подписывают восковым карандашом номер сосуда.

Перемешивание почвы с удобрениями надо производить не менее 3-4 мин. после того, как почва получит совершенно однородный вид. Продолжительность времени перемешивания почвы зависит от ее свойств: песчаные почвы перемешиваются быстрее, чем глинистые.

**Удобрения.** Удобрения можно вносить или в виде растворов, или в виде порошков и гранул. Если не имеется каких-либо специальных заданий, удобрения вносят в растворе. Наиболее удобны растворы, в которых на каждые 10 мл приходится 0,1 г питательного вещества (N, Р2О5, или К2О). Растворы, если их вносят менее чем по 50 мл, отмеривают пипеткой или бюреткой; при внесении 50 мл и более для дозировки растворов можно употреблять мерные цилиндры. Величина доз удобрений зависит от темы опыта, размера сосудов и вида растения. Как правило, при постановке опытов в почвенных культурах для обеспечения нормального развития растений приходится заботиться лишь о добавке азота, фосфора и калия.

В опытах с почвенными культурами в качестве основного удобрения (фона) следует выбирать соли, не вызывающие сильных изменений свойств почвы. Удобрения, вносимые в почву в качестве фона, должны возможно меньше изменять реакцию почвы и концентрацию почвенного раствора, а также не содержать балластных веществ. Если требуется фон одного азота, можно остановиться на внесении азотнокислого аммония; последний, правда, вызывает некоторое подкисление почвы, не имеющее практического значения. При постановке опытов на кислых песчаных почвах можно рекомендовать смесь, состоящую из двух третей азота в виде NH4NO3 и одной трети азота в виде Са(КзО)2

Для создания фона NK можно брать смесь NH4NO3 + KNO3, в которой количество KNO3 устанавливается по потребной дозе калия.

В качестве фона NP для почв черноземного типа можно применять смесь из NH4PO3 и моно- и диаммонийфосфатов, являющуюся биологически кислой. Для подзолистых почв можно остановиться на смеси Са(NО3)2 + NH4H2PO4, т. е. физиологически кислого моноаммонийфосфата и физиологически щелочной кальциевой селитры. Для фона РК наиболее подходит смесь моно- и дикалийфосфатов. Количество моно- и дикалийфосфатов в этой смеси подбирают такое, чтобы pH смеси было близко к pH почвы. Если это нельзя сочетать с желательными дозировками К2О и Р2О5, то добавку фосфатов можно делать в форме кальциевого фосфата, а калия — в виде КС1 или К2РО4.

Фон одного фосфата, который обычно создается в опытах с внесением натриевых фосфатов, во многих случаях рекомендовать нельзя, так как внесение в почву натрия оказывает сильное действие на эффективность калия.

Поэтому часто приходится останавливаться на кальциевых фосфатах: монокальцийфосфате, дикальцийфосфате или на их смеси. Внесение натриевых фосфатов может быть рекомендовано, когда добавка натрия не влияет на результаты опытов. В этом случае интересно применение не чистых однонатриевых и двунатриевых солей, а их смесей, дающих pH, близкий к pH почвы.

При выборе форм основного удобрения и их дозировок надо тщательно продумать, какое действие на изменение свойств почвы окажут вносимые удобрения. При неосторожном выборе форм удобрений легко получить результаты, определяющиеся не столько свойствами почвы, сколько свойствами фона.

При постановке опытов на известкованных почвах в состав фона для ряда растений - свеклы, льна, горчицы, гречихи, табака, бобовых - надо вводить бор в форме борной кислоты или буры в количестве 1 мг бора на 1 кг почвы. Без внесения бора на известкованных подзолистых почвах нельзя получить нормального развития этих растений. Под зерновые злаки вносить бор излишне.

Что касается доз питательных веществ, то для получения высоких урожаев растений в сосудах 20×20 см, К. К. Гедройц считал достаточным 0,75 г N, 0,5 г Р2О5 и 0,5 г К2О; количества эти должны изменяться в зависимости от вида растения и темы опыта; применение удвоенных доз дает дальнейшее повышение урожаев.

При больших дозах вредное действие высокой концентрации солей можно уменьшить, применяя дробное внесение удобрений, которое практикуется также в опытах по изучению времени внесения удобрений. Во время вегетации удобрения вносят при поливе в растворенном виде. Обычно половину вносимого количества удобрений вливают на дно сосуда через трубку, а другую вносят поливом сверху.

**Посев растений и уход за ними**. Зерновые злаки - овес, ячмень, рожь, пшеница, а также зерновые бобовые: горох, люпин, фасоль, бобы и пр. высаживают проращенными семенами. Проращивание семян производят на блюдцах, в которые насыпают ровный слой кварцевого песка, кладут сверху него фильтровальную бумагу в два слоя и на нее укладывают раздельно одно от другого семена. Перед раскладкой семян бумагу и песок увлажняют дистиллированной водой до полного насыщения песка водой. После раскладки семена закрывают сверху двумя листами фильтровальной бумаги. Блюдце сверху закрывают стеклом, чтобы уменьшить испарение и предохранить семена от повреждений.

Посев производят, когда семена «наклюнутся». Перед посевом поверхность почвы выравнивают, слегка поливают из промывалки, затем делают лунки, в которые укладывают семена. Лунки можно делать ‘либо сажальной доской, имеющей соответствующее число равномерно распределенных зубьев, либо стеклянной палочкой; в этом случае на поверхность накладывают картонный шаблон с соответствующим числом дырочек и лунки в почве выдавливают стеклянной палочкой с резиновым кольцом, надетым на нее на высоте, равной глубине посадки семян. Крупные семена при посадке заделывают на глубину 1,5-2,0 см, при посеве льна лунки делают глубиной в 1 см, при посеве мелкосеменных трав — еще мельче (0,5 см). Если почва мажется, то полезно посыпать ее тонким слоем кварцевого песка.

При посеве проращенными семенами пинцетом отбирают одинаково проросшие семена, которые и укладывают в лунки по одной штуке корешком книзу. Когда семена положены во все лунки сосуда, посев проверяют и лунки заделывают надавливанием на их стенки, после чего почву засыпают сверху песком (200 г песка на сосуд 15 см в диаметре). Посадка по два семени в одну луночку недопустима, это приводит к порче посевов при последующей прорывке.

При посеве сухими семенами необходимо предварительно установить их всхожесть. Для посева годятся только семена, имеющие всхожесть, близкую к 100%, и тщательно отобранные по величине. Семенной материал должен быть однороден, одного сорта и одного урожая.

После окончания посева сосуды закрывают сверху листами бумаги во избежание высыхания почвы. Листы снимают при первом появлении всходов.

Если опыт ставится в стеклянных сосудах, необходимо до посева пли сразу после появления всходов (не позднее!) обернуть сосуды белым картоном — «надеть чехлы». На чехол наклеивают этикетку с указанием особенностей варианта опыта и номера сосуда; последний надписывают и непосредственно на чехле. Чехол должен быть надет плотно, но так чтобы можно было его поднимать для наблюдений за увлажнением почвы и ростом корней. -

Количество семян, высеваемых в сосуд, должно быть несколько больше желательного числа растений. Если посев производится проращенными семенами, то высеваемых семян должно быть примерно на 5-10 шт. больше, чем желательное число растений. Для таких растений, как ячмень, посевы которого иногда сильно повреждаются шведской и гессенской мухой, количество высеваемых семян должно быть раза в полтора больше желательного числа растений. Зерновых злаков на сосуд 15 см в диаметре надо оставлять после прореживания 20-25 растений, гороха 10-15, гречихи 10-12, льна 35-40, клевера 6-12. При посеве растений, которые оставляют по одному на сосуд, например свеклы, в центре сосуда высевают около 10 семян.

Когда растения уже окрепнут, минует опасность гибели всходов от вредителей, производят прореживание. Все удаляемые растения помещают в пронумерованные пакеты, сушат и взвешивают. Если растения удаляют пинцетом вместе с семенами через 2-4 дня после появления всходов, то выдергиваемые растения выбрасывают. Когда растения подрастут, для предохранения их от полегания и поломки во время полива на сосуды надевают каркасы или вставляют в сосуды палочки (по четыре на сосуд), между которыми натягивают нитки; палочки должны быть подобраны одного веса.

В течение всего времени вегетации необходимо удалять вредителей, собирать в пакеты опадающие листья и семена и делать записи наблюдений за развитием растений (измерение роста растений и фенологические наблюдения).

При уборке урожая измеряют высоту срезанных растений на линейке с точностью до 0,1 см, после чего у зерновых отрезают колосья, у клевера и льна - головки и помещают их в отдельный пакет, а стебли и листья - в другой. Обычно взвешивания для определения сырого веса не производят, а урожай взвешивают после сушки его в сушилке или в термостате при 60°. Сушку до абсолютно сухого веса обычно не производят. Высушенный урожай взвешивают с точностью до 0,01 г, обмолачивают и урожай семян взвешивают отдельно.

**Полив.** Правильный полив растений является весьма существенным условием удачного проведения опыта. Полив всех сосудов, участвующих в опыте, производят до одинаковой влажности почвы, за исключением тех случаев, когда изучается значение изменения влажности почвы. Установить желательную влажность почвы можно, лишь зная водные свойства почвы: ее максимальную гигроскопичность, наибольшую влагоемкость и влажность во время набивки. Максимальную гигроскопичность необходимо знать для определения коэффициента завядания растений. *Под коэффициентом завядания* понимается количество влаги в почве, выраженное в процентах от ее сухого веса, при котором растения впервые обнаруживают признаки устойчивого завядания. *Под устойчивым, или длительным, завяданием* подразумевается степень увядания растений, при которой они уже не могут оправиться даже после перенесения их в атмосферу, насыщенную водяными парами. Понятие устойчивого завядания было введено, чтобы исключить при определении все случаи завядания, которые вызываются лишь временным превышением транспирации над поступлением влаги в растение и могут иметь место при относительно влажной почве, но сильном сухом ветре или сильной инсоляции.

Практически наиболее легко выполнимым способом определения коэффициента завядания (или влажности завядания) является определение его по максимальной гигроскопичности почвы (Федоровский, 1960). В среднем коэффициент завядания равен полуторной максимальной гигроскопичности почвы.

С. М. Богданов предложил считать полезной влагоемкостью почвы ее наибольшую влагоемкость за вычетом коэффициента завядания, так как влажность почвы меньше коэффициента завядания если и не является абсолютно неусвояемой, то практически представляет мертвый запас влаги. Полив растений следует производить до 60% полезной влагоемкости почвы.

Иногда, в тех случаях, когда почва имеет большое количество глинистых частиц и потому сравнительно высокую максимальную гигроскопичность, полив до 60% от влагоемкости недостаточна. Поэтому для черноземных и глинистых почв часто считают оптимальной влажностью не 60, а 70% от полезной влагоемкости.

Устанавливаемая по приведенной выше формуле влажность, конечно, считается оптимальной весьма условно. Но во всяком случае влажность почвы, определяемая в размере 60% от полезной влагоемкости, для большинства почв и растений близка к оптимальной.

Многие растения для получения максимального урожая требуют различной влажности в разные периоды своего развития. Как правило, необходимо уменьшать влажность почвы во время созревания растений, так как иначе созревание задерживается.

Обычно полив растений производят, давая половину воды сверху и половину снизу. Во многих опытах можно поливать почвенные культуры не дистиллированной, а водопроводной водой. Обычно полив сосудов по весу производят 1 раз в день. В жаркие дни поливать сосуды приходится 2 и даже 3 раза в день; в этом случае 1 раз поливают сосуды по весу и другой — по объему, давая на каждый сосуд определенное количество воды.

Вес, до которого надо поливать сосуд, вычисляют следующим образом. Предположим, что полная влагоемкость почвы 55,0%, максимальная гигроскопичность 8,2 %, полив намечен до 60 % от полезной влагоемкости. Следовательно, влажность почвы должна быть равна (55,0 + + 8,2) • 0.6=37,9%. Влажность почвы при набивке сосуда была равна 15,2%, в сосуд вошло 5 кг сырой почвы, или 4,340 кг абсолютно сухой почвы. Вес тары до набивки (общий вес пустого сосуда, дренажа, трубочки, марли и кварцевого песка, добавленного на дно сосуда) был равен 2100 г. Вес картонного чехла (если сосуд стеклянный) 60 г. Вес палочек 40 г плюс вес кварцевого песка, добавляемого сверху почвы, 200 г. Таким образом, общий вес набитого сосуда без веса воды и почвы 2400 г, вес почвы — 4340 г, вес воды — 37,9% от 4340, или 1645 г. Следовательно, сосуд надо поливать до 2400 + 4340 + 1645 =8385 г; округляя, имеем 8400 г.

При поливе сосудов производят их перестановку для выравнивания условий освещения и нагревания солнечным светом. Если сосуды опыта стоят в два ряда, то при поливе их меняют местами. Необходимо перемещать сосуды и по длине ряда; для этого каждый раз два первых сосуда снимают и ставят вместо последней пары, а на их место ставят сосуды второй пары. Если в опыте много сосудов, то перестановку производят на две пары сосудов. Правильным следует считать такое размещение, когда сосуды стоят по повторностям, а не по вариантам опыта.