631.42
Г204и.п
403321

Гаркуша

Исследование почв в поле и лаборатории

Доцент И. Ф. ГАРКУША

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВ В ПОЛЕ И ЛАБОРАТОРИИ

КРАТКОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

Под редакцией проф. Н. И. СОКОЛОВА

631.42
Г204и.п.
403321

Глубокоуважаемому
Владимиру Александровичу
Тамарову
от автора.
И. Гаркуша
29/VII 1943 г.

ИЗДАНИЕ ЛЕНИНГРАДСКОГО КОЛХОЗНОГО
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТЕХНИКУМА
им. С. М. КИРОВА
ЛЕНИНГРАД • 1939

631.4
Г—20

ПРЕДИСЛОВИЕ

Краткое практическое руководство „Исследование почв в поле и лаборатории" предназначается для студентов колхозных сельскохозяйственных техникумов, созданных на базе бывших высших коммунистических сельскохозяйственных школ.

В книге даны основные сведения, необходимые для непосредственного изучения почв в поле и в лабораторной обстановке.

Для лабораторного исследования почв здесь приведено описание методов, получивших наибольшее распространение в лабораторной практике, которые по своей простоте, за небольшим исключением, могут быть выполнены в любой лаборатории МТС и хате-лаборатории.

Данная работа является продолжением и необходимой составной частью теоретического курса агропочвоведения, опубликованного автором в 1938 г.

Общая редакция книги принадлежит профессору Ленинградского сельскохозяйственного института Н. И. Соколову.

Автор

Редактор *Ю. М. Виллевальде.* Техн. ред. *Г. Н. Краюхин.*
Корректор *Ю. Н. Аргамакова.*

Сдано в наб. 19/IX 1939 г. Подписано к печ. 15/XII 1939 г. Индекс 41—Г. Печ. л. 5½. Бум. л. 2¾. Уч. изд. 5. Сельхозгиз № 6151. Тираж 500 экз. Формат 61x82 1/16 Леноблгорлит № 5847. Зак. № 3160 Тип. зн. в 1 бум. л. 98000
Цена 2 руб.

Ленпромпечатьсоюз, тип. арт. „Печатня", Ленинград, Прачечный, 6.

ВВЕДЕНИЕ

Почвы являются основным средством сельскохозяйственного производства.

Рациональное и эффективное использование почв в каждом колхозе и совхозе возможно только при достаточном знании практически важных свойств и особенностей почв данного хозяйства. Вопросы химизации, механизации, мелиорации почв, севооборота, освоения новых целинных земель могут быть в каждом конкретном случае правильно разрешены только при учете агрономических качеств и свойств почв. Поэтому в условиях социалистического земледелия СССР, где впервые во всей широте поставлены вопросы решительного повышения урожайности всех без исключения сельскохозяйственных культур и где действительно открыты неограниченные возможности использования всех богатств природы и новейших достижений науки и техники, делу всестороннего глубокого изучения почв уделяется огромное внимание.

Цели и задачи почвенных исследований в каждом отдельном случае могут быть самые различные. В одном случае исследование почв может производиться в целях правильного размещения удобрений по полям севооборота, в другом — в целях освоения новых земельных участков, в третьем — в целях мелиорации или ирригации и т. д. Но как бы ни были различны по своей целевой установке почвенные исследования, они всегда должны быть конкретными и в конечном итоге должны сводиться к следующим основным положениям:

1) дать агропроизводственную характеристику отдельных почвенных разностей, встречающихся на исследуемой территории, в целях правильной ориентировки при решении практических вопросов, непосредственно связанных с использованием почв в сельском хозяйстве, и

2) дать научное обоснование системы агромероприятий, с помощью которых должно практически осуществляться

улучшение данных почв, как важнейшая предпосылка для прогрессивного повышения их производительности. Методы почвенных исследований могут быть разделены на две группы:

1) методы полевого исследования почв и
2) методы лабораторного исследования почв.

Правильное суждение о характере и качестве почв возможно только на основе всестороннего их изучения; поэтому полевые исследования почв всегда должны сопровождаться лабораторными исследованиями.

МЕТОДИКА ПОЛЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ

НЕОБХОДИМОЕ СНАРЯЖЕНИЕ ДЛЯ ПОЛЕВЫХ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИИ

Для проведения полевого исследования почв необходимо следующее снаряжение:

1. Хорошо отточенная стальная лопата для производства почвенных разрезов и крупный напильник для точки лопат.
2. Большой нож или широкая стамеска для взятия почвенных образцов и выемки почвенных монолитов.
3. Метр складной для измерения мощности отдельных почвенных горизонтов.
4. Бумага оберточная для завертывания почвенных образцов. Вместо бумаги можно употреблять мешочки из материи.
5. Шпагат или толстые нитки для завязывания образцов.
6. Общие тетради для описания почв, простые карандаши, резинка.
7. Блокноты на этикетки для образцов почв.
8. Полевая брезентовая или кожаная сумка с отделениями для мелких предметов снаряжения.
9. Компас.
10. Мешок для складывания почвенных образцов.
11. Ящики для почвенных монолитов. Принятые в практике полевых исследований ящики для монолитов обычно имеют такой размер: $100 \times 20 \times 10$ см.
12. Необходимые средства передвижения (лошадь и повозка).
13. Универсальный индикатор для определения pH.
14. Раствор 10% соляной кислоты в капельнице для определения наличия карбонатов в почве.
15. Раствор $BaCl_2$, $AgNO_3$ и красной кровяной соли — $K_4Fe(CN)_6$, воронка, несколько пробирок и фильтров для простейших химических испытаний почв в поле.

16. Топографическая карта или план той местности, где должны производиться почвенные исследования.

Перед полевыми исследованиями необходимо проделать некоторую подготовительную работу, а именно: ознакомиться с литературой, касающейся почв, геологического строения, рельефа, характера растительности и истории подлежащих изучению полей. Чем обстоятельнее собраны и изучены такого рода материалы, тем плодотворнее будет протекать работа в поле.

Очень существенным является также при начале работы в поле произвести рекогносцировочное, или предварительное исследование всей территории с целью получения общего представления о почвенном покрове данной территории, а также установления тех закономерностей, которым подчиняется распределение почв в пространстве в зависимости от рельефа, геологического строения, характера растительности и других факторов. После этого уже производится детальное изучение почв данной территории и составляется почвенная карта.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВ В ПОЛЕ

Методика непосредственного изучения почв в поле основана почти целиком на изучении морфологических признаков почв.

Всякая почва в своем развитии в результате непрерывно происходящих в ней весьма сложных и многообразных физико-химических и биологических процессов приобретает целый ряд внешних, или морфологических признаков, по которым почва заметным образом отличается от материнской породы, еще не затронутой почвообразовательными процессами.

Почвообразовательные процессы, в зависимости от почвенного возраста страны и природных условий, в которых развивается почва, могут быть самой различной интенсивности и протекать в самых разнообразных направлениях.

Совершенно очевидно, что и внешние признаки будут получать при этом разнообразные оттенки и самую различную степень выраженности.

Являясь результатом протекающих в почве почвообразовательных процессов, а следовательно, и отражением внутренних химических ее свойств, наружные особенности почвы заслуживают внимания как признаки, при помощи которых можно изучать почву как в отношении ее происхождения, так и агрономического ее качества.

„Морфологические, или внешние свойства почв часто бывают настолько характерны, что по ним можно узнавать или определять почвы, подобно тому как мы определяем какой-нибудь минерал, растение или животное“ (проф. Н. М. Сибирцев).

Морфология почвы является внешним отражением сложного комплекса физических, физико-химических, химических и биологических процессов, совершающихся в почве за длительный период ее развития и формирования. Поэтому внимательное изучение внешних свойств почвы дает представление о характере указанных процессов, а в связи с этим и об агропроизводственной ценности почв.

ПОЧВЕННЫЕ РАЗРЕЗЫ И ИХ РАСПОЛОЖЕНИЕ

Исследование почв в поле производится, главным образом, при помощи почвенных разрезов. Под почвенным разрезом обычно понимают яму той или иной глубины, выкопанную специально для изучения почвы.

По своему назначению разрезы разделяются на основные, контрольные и прикопки.

Основные разрезы выкапываются на местах, наиболее типичных для изучаемой территории как в отношении рельефа, так и растительности. При исследовании пахотных участков руководствуются в первую очередь рельефом местности, а при исследовании целинных земель, кроме того, принимается во внимание и характер растительности. Разрезы всегда обычно закладываются на полную глубину — до 1,5—2 м и глубже, с тем чтобы можно было обнаружить и изучить также и материнскую или почвообразующую породу, еще не затронутую явным образом почвообразовательным процессом. В тех случаях, когда близко к поверхности залегают грунтовые воды, основные разрезы могут быть глубиной до 1 м и даже меньше. Из этих разрезов берутся почвенные образцы со всех генетических горизонтов, а также из материнской породы. Выбор места для закладки основных разрезов должен производиться особенно тщательно.

Контрольные разрезы выкапываются на меньшую глубину, чем основные. Их назначение состоит в том, чтобы проверить, одинакова ли почва в местах расположения контрольных разрезов с той, которая имеется в основных. Количество контрольных разрезов делается значительно больше, чем основных. Иногда из них также берутся образцы. Описание почвы в контрольных разрезах производится более кратко, чем в основных.

Прикопки служат для установления границ между почвенными разностями и для выделения контуров этих разностей. Прикопки делаются на глубину от 30 до 50—70 см. Почва в прикопках не описывается и записывается только ее название.

Расположение разрезов. Первым шагом в работе по исследованию почв в природе является выбор места для заложения почвенной ямы. Этот шаг является весьма ответственным, так как от правильности выбора места ямы зависит и правильность заключения о почве того участка местности, для характеристики которого в почвенном отношении закладывается яма. Руководящими моментами при выборе места для почвенного разреза служат, главным образом, рельеф, т. е. устройство поверхности территории, затем растительность и характер угодья — пашня, сенокос, лес, болото и т. д. Большое значение при этом имеет рельеф местности. Наблюдениями и опытом установлено, что свойства и качество почвы очень тесно связаны с рельефом. Поэтому рельефом и надо в первую очередь руководствоваться при размещении разрезов. Как правило, почвенные разрезы должны равномерно располагаться на всех элементах рельефа — на водоразделах, в начале какого-либо склона, в середине склона, в конце склона, на равнине, в долине речки и т д. Таким способом будут охвачены изучением самые различные почвенные разности.

ИЗУЧЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ

Выбрав место для ямы, намечают с помощью лопаты на поверхности почвы прямоугольник для почвенного разреза. Размеры разрезов должны быть таковы, чтобы можно было свободно спускаться в них и работать. Наиболее обычные размеры основных ям, закладываемых для изучения почвы, будут следующие: длина 150—200 см, ширина 80 см, глубина 150—200 см. Одна из стенок ямы, обращенная к солнцу (чтобы лучше видеть окраску почвы), делается отвесной, а противоположная ей — ступеньками через 30—50 см, чтобы можно было спускаться вниз и подниматься обратно (рис. 1).

При выкапывании ямы почвенную массу рекомендуется выбрасывать на длинные ее стороны, причем дерновой или пахотный слой выбрасывается на одну сторону, а вся нижележащая земля — на другую. После описания почвенного разреза и взятия образцов яму необходимо обязательно засыпать. При засыпании разреза следует сначала сбрасывать землю, выброшенную с глубины, а сверху

вновь прикрыть верхним слоем, лежащим с противоположной стороны ямы. Делается это для того, чтобы не портить поля, так как нижние слои почвы, выброшенные наружу, обычно малоплодородны и ниже по своим свойствам поверхностных слоев.

Когда яма готова, освежают лопатой лицевую ее стенкау устанавливают отдельные генетические горизонты почвы, измеряют их и описывают. При изучении свойств отдель

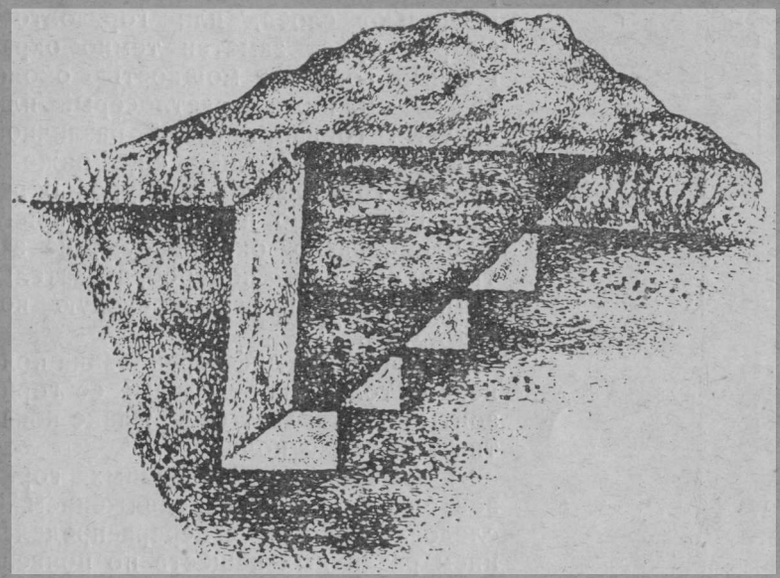


Рис. 1. Почвенный разрез.

ных горизонтов определяется наличие карбонатов в почве с помощью 10% соляной кислоты, причем отмечается граница или глубина вскипания и его интенсивность.

Весьма существенным моментом при полевом исследовании почв является уменье связывать морфологические особенности почвы с ее внутренними химическими и биохимическими свойствами, уменье по наружным признакам определять плодородие почвы.

ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ

Важнейшими морфологическими признаками, которые должны приниматься во внимание при полевом исследовании почв, являются следующие: строение почвы, мощность

почвы и отдельных ее горизонтов, цвет или окраска почвы, сложение, включения и новообразования, структурность, механический состав и характер почвообразующей материнской породы.

Строение почвы. Если мы сделаем почвенный разрез в поле, например на территории Калининской области, то первое, что нам бросится в глаза при рассмотрении почвенного профиля, это определенная расчлененность почвенной толщи на несколько слоев, или горизонтов. Сверху будет заметен темно окрашенный горизонт мощностью около 15—20 см, ниже — светлосерый или белесый горизонт самой различной мощности и, наконец, еще ниже — третий горизонт красно-бурой окраски, постепенно переходящий книзу в однообразно окрашенную, не затронутую еще почвообразовательными процессами материнскую породу (рис. 2).

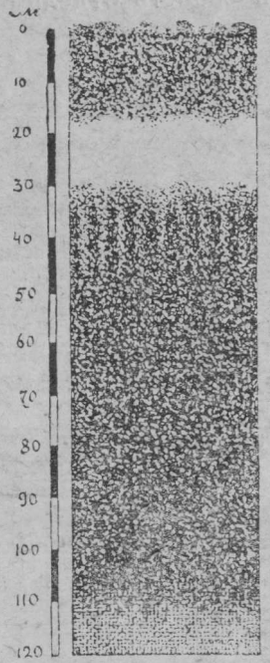


Рис. 2. Схема строения подзолистой почвы.

Такого рода дифференциация почвенной толщи на отдельные ее горизонты и составляет содержание понятия „строение почвы".

Формирование почвенных горизонтов связано с передвижением, а следовательно, и с перераспределением различных веществ по почвенной толще, которыми сопровождается процесс образования всякой почвы. Процессы передвижения органических и минеральных веществ в почве можно свести к двум категориям: к явлениям выноса, или вымывания и к явлениям накопления. Так, в верхнем слое почвы всегда происходит накопление органических веществ. Поэтому верхний горизонт почвы и называется перегнойно-аккумулятивным (аккумуляция — накопление) или просто перегнойным, или гумусовым горизонтом.

Но наряду с аккумуляцией перегноя в верхних слоях почвы, под влиянием просачивающейся влаги, имеет место и противоположный процесс, а именно — процесс выноса продуктов разложения гумуса в нижние горизонты. Учитывая это обстоятельство, верхнему горизонту почвы дают еще и иное название, а именно — перегнойно-элювиального (eluo — вымываю) горизонта, с целью подчеркнуть ту особенность, что в этом горизонте одновременно с накоплением гумуса идет и процесс вымывания.

Процесс вымывания растворимых веществ из верхних горизонтов почвы в нижние может протекать иногда весьма интенсивно, и в условиях, например, подзолистой зоны, отличающейся значительным количеством выпадающих осадков, мы нередко встречаем почвы с резко выраженным выщелоченным горизонтом, почти полностью лишенным органического вещества.

Тот почвенный слой, в котором процессы выноса преобладают над процессами накопления и который обычно формируется непосредственно под гумусовым горизонтом, носит название элювиального горизонта.

Следует, однако, заметить, что развитие резко выраженного элювиального горизонта присуще исключительно почвам, формирующимся в условиях обильного увлажнения; поэтому в профиле почв, например, степных и засушливых районов означенный горизонт отсутствует совершенно или же настолько слабо выражен, что обнаружить его простым наблюдением почти невозможно (рис. 3).



Рис. 3. Схема строения черноземной почвы.

Следующий слой почвы, в котором откладываются и скопляются вынесенные из верхних горизонтов вещества, носит название иллювиального (illuo — вмываю) горизонта. Иллювиальный горизонт книзу сменяется не измененной еще заметным образом почвообразовательными процессами материнской породой.

Перечисленные горизонты, составляющие и характеризующие профиль почвы и ее строение, обозначаются заглавными буквами алфавита (A, B, C).

Так, перегнойно-аккумулятивный горизонт обозначают буквой A; иллювиальный — буквой B; материнскую породу — буквой C.

При наличии в почве заметно выраженного элювиального горизонта последний обозначается буквой A_2, а гумусный слой тогда обозначают A_1.

В некоторых почвах наряду с процессами передвижения различного рода веществ, обусловливающими дифференциацию почвенной толщи на ряд отдельных горизонтов, нередко имеют место раскислительные,

или глеевые процессы, находящие свое отражение в появлении в почвенном профиле сизоватых или грязновато-синеватых пятен. Оглеенные пятна являются весьма существенными морфологическими признаками, указывающими или на длительный, или на временный застой избыточной влаги в почве, поэтому при исследовании почв весьма важно не упустить из виду и этот момент. Глеевые горизонты обозначаются латинской буквой g, которая пишется рядом с буквенным обозначением горизонта. Так, например, если раскислительные процессы обнаружены в материнской породе, то тогда этот горизонт обозначается знаком Cg; если в иллювиальном, — то Bg; в элювиальном — A_2g и т. д.

Все эти почвенные горизонты неразрывно связаны между собой общностью происхождения и поэтому их называют генетическими почвенными горизонтами.

Мощность почвы и отдельных ее горизонтов. Из рассмотрения строения почвы мы приходим, таким образом, к убеждению, что под понятием „почва" надо разуметь не только пахотный, или гумусовый ее слой, а всю ту толщу поверхностной части земной коры, которая коренным образом изменена почвообразовательными процессами и заметным образом отличается своею морфологией от материнской горной породы. Отсюда становится совершенно очевидным, что при изучении почв нельзя ограничиваться только верхними ее слоями, обогащенными перегнойными веществами, а необходимо охватывать всю мощность почвенного слоя до материнской породы включительно.

Глубина проникновения почвообразовательных процессов всецело зависит от природных факторов почвообразования, поэтому и мощность почвенного слоя в различных случаях сильно варьирует. Очень часто мощность почвы различных типов колеблется от 40 до 150 см, но нередко, как, например, в черноземной зоне, мощность почв достигает 250 см и более.

При установлении характера почвообразовательных процессов и при агрономической оценке почв по морфологическим признакам важно учитывать прежде всего мощность отдельных горизонтов. По мощности отдельных горизонтов можно в известной степени судить о содержании в них тех или иных веществ. Так, например, наличие мощного перегнойного горизонта красноречиво говорит о слабом процессе вымывания, а следовательно, и о богатстве почвы питательными веществами, поскольку перегной содержит в себе все элементы, необходимые для развития растений. С другой стороны, наличие в профиле почвы резко выраженного элювиального горизонта свидетельствует об интенсивном процессе выщелачивания; поэтому чем мощнее развит горизонт A_2, тем беднее почва, тем ниже ее производственная ценность. Развитие элювиального горизонта обычно идет за счет уменьшения перегнойного (A_1): чем сильнее развит горизонт A_2, тем меньшую мощность имеет горизонт A_1. И, действительно, среди почв подзолистой зоны нередко встречаются так называемые сильно подзолистые почвы, у которых горизонт A_2 достигает 20—30 см, в то время как перегнойный слой в таких случаях имеет всего лишь 3—5 см, а иногда и меньше.

Окраска почвы и отдельных ее горизонтов. Большое значение при морфологическом изучении почв приобретает цвет или окраска почвы и ее отдельных горизонтов. Окраска почвы представляет собою один из важнейших морфологических признаков, которым обычно руководствуются при суждении о внутренних свойствах почвы, а также при расчленении почвенной толщи на ряд составляющих ее генетических горизонтов.

По своей окраске почвы в природе отличаются весьма большим разнообразием. Цвет почвы зависит в основном от содержания в ней тех или иных химических соединений и от различного их сочетания. Все разнообразие окраски почвы и отдельных ее горизонтов можно свести к комбинациям и сочетаниям, главным образом, трех основных тонов: черного, красного и белого. При этом важнейшими соединениями, определяющими черный цвет почв, являются, главным образом, перегнойные вещества. При различном содержании гумуса почва приобретает различное окрашивание: при 10—12% перегноя почва имеет черный цвет; при содержании 4—6% гумуса почва получает серую, каштановую или темнобурую окраску. При уменьшении содержания перегноя почва приобретает окраску, свойственную материнской почвообразующей породе или продуктам ее выветривания.

Красный цвет почв обусловливается наличием в ней соединений водной окиси железа ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$). При этом, в зависимости от количества содержащегося железа, почва приобретает различной интенсивности окрашивание: при значительном содержании окиси железа почва имеет красную, ржавую или кроваво-бурую окраску, при небольшом — желтую или оранжевую.

Что касается белой окраски почвы, то она может обусловливаться значительным содержанием в почве или

кремнезема (SiO_2), или углекислой извести ($CaCO_3$), или каолина ($H_2Al_2Si_2O_8 \cdot H_2O$), или соединений гидратов глинозема ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$).

Следует еще отметить нередко встречающиеся в природе сизоватые или грязновато-синеватые окрашивания почвы или отдельных ее горизонтов. Сизоватое окрашивание сообщается почве соединениями закиси железа ($FeO \cdot nH_2O$), которые образуются в почвах в условиях избыточного увлажнения и недостаточной аэрации. Те почвы или отдельные ее горизонты, которые окрашены в той или иной степени в сизоватые тона, носят название глеевых или оглеенных почв или горизонтов. Что же касается окраски глубоких горизонтов, или, вернее, материнских пород, то она также в зависимости от состава и происхождения пород значительно варьирует. Отметим здесь окраску лишь наиболее распространенных почвообразующих пород. Так, валунные и безвалунные суглинки и глины характеризуются чаще всего красно-бурой окраской; пески и супеси имеют обычно желтоватый и, реже, желтый цвет; для лёссовых и лёссовидных пород характерна палевая окраска. При описании почвы надо давать возможно простое определение основного цвета, например: черный, темносерый, серый, светлосерый, белесый и т. д.

К сказанному об окраске следует еще добавить, что цвет почвы в значительной степени зависит от ее влажности; одна и та же почва во влажном состоянии всегда обычно имеет несколько более темную окраску, чем сухая. Поэтому при суждении об окраске почвы необходимо принимать во внимание и степень ее влажности и окончательный вывод о цвете почвы следует давать при доведении ее до воздушно-сухого состояния.

Сложение почвы и отдельных ее горизонтов. Следующим моментом, заслуживающим внимания при морфологическом исследовании почв, является сложение почвы и отдельных ее горизонтов, или внешнее выражение порозности и плотности почвы. Характер сложения почвы зависит как от свойств материнской породы, на которой сформировалась данная почва, так и от структурных свойств почвы. Из многочисленных типов сложения почвы отметим наиболее часто встречающиеся в природе: рассыпчатое, рыхлое, плотное и весьма плотное, или слитое сложение.

Рассыпчатое сложение свойственно, главным образом, лишенным перегноя песчаным почвам, у которых отдельные частицы совершенно не сцементированы или же настолько мало сцементированы, что при малейшем

механическом воздействии на них они распадаются на составляющие их отдельные элементы, т. е. обладают сыпучестью.

Рыхлое сложение присуще суглинистым и глинистым почвам с хорошо выраженной структурой, отдельные агрегаты которой мало сцементированы друг с другом, а также и песчаным и супесчаным почвам, заметно обогащенным гумусом. При рыхлом сложении почвы легко поддаются воздействию лопаты, и при выбрасывании комка последний рассыпается на множество мелких частиц.

Плотное сложение свойственно большинству суглинистых и глинистых почв, особенно иллювиальным их горизонтам, где вследствие обогащения коллоидами, вынесенными из верхних слоев, цементация почвенных частиц достигает большой прочности. При плотном сложении лопата с трудом входит в почву, а выброшенный на поверхность комок слабо разламывается и не распадается на отдельные части.

Весьма плотное, или слитое сложение является характерным свойством связных глинистых бесструктурных почв, главным образом нижних их горизонтов, отдельные частицы которых чрезвычайно плотно прилегают друг к другу, почти совершенно не образуя скважин, или пор. Слитое сложение свойственно также иллювиальным горизонтам некоторых солонцовых почв. При весьма плотном сложении почвы почти не поддаются действию лопаты, и сделать разрез в такого рода почвах можно лишь с помощью лома и кирки.

Таким образом, сложение почв представляет собою весьма важный момент, по которому мы можем судить об аэрации, о водопроницаемости той или иной почвы, а также о легкости ее обработки земледельческими орудиями.

Включения и новообразования. Из внешних признаков, резко бросающихся в глаза при полевом исследовании почв, следует отметить включения и новообразования.

Под включениями нужно подразумевать различного рода обломки горных пород, остатки животных и растений и другие посторонние тела, которые механически вовлечены в однородную массу почвы и присутствие которых в почве не связано непосредственно с почвообразовательными процессами. Сюда относятся гранитные и известняковые валуны и гальки самой различной величины и формы, раковины, кости, кусочки угля, остатки древесных пород и т. д.

Под новообразованиями принято понимать те выделения и скопления различных веществ, которые по-

лучились в почвенной толще при самом процессе почвообразования. Таковы, например, соединения углекислой извести, соединения железа, марганца или же легкорастворимых солей, скопляющихся в самых различных видах чаще всего в иллювиальном горизонте (В) в результате вымывания их из верхних горизонтов почв в нижние.

Значение включений и новообразований при изучении почв состоит в том, что по ним мы можем до некоторой степени ориентироваться в вопросе о возрасте почв, о характере материнских пород и, что очень важно, о химических свойствах. Так, например, по наличию валунов в почве мы судим о ледниковом происхождении материнской породы; по включениям в виде обломков известняка мы устанавливаем карбонатность породы почвы. Что же касается новообразований, то при полевом изучении почвы они имеют очень большое значение как признаки, по которым мы часто можем определить характер и направление почвообразовательных процессов, а также судить и об условиях происхождения почвы.

Так, например, нахождение в иллювиальном горизонте (В) черноземных почв углекислой извести в виде так называемых „белоглазки", „лжегрибницы" или „журавчиков" свидетельствует о вымывании карбонатов кальция и магния из верхних горизонтов и о скоплении их в более глубоких. В то же время по глубине залегания означенных новообразований мы можем судить и об интенсивности процесса выноса из верхних горизонтов в нижние: чем ближе к поверхности почвы обнаружены скопления углекислой извести, тем меньше, очевидно, данная почва подвержена промыванию и, наоборот, глубокое скопление карбонатов говорит о значительном количестве выпадающих осадков, о более глубоком промывании почвы.

Выделения окисных соединений железа (и марганца) встречаются наичаще в подзолистых почвах. Упомянутые соединения скопляются в почвенной толще самым различным образом: то в виде „бобовин", то в виде охристо-ржавых пятен или полос, то в виде „ортштейнов", образующих иногда сплошные, непроницаемые для воды весьма прочные прослойки большой мощности.

Значительные скопления окисных соединений железа, марганца, алюминия и других металлов в иллювиальном горизонте свидетельствуют о сильном промывании и выщелачивании верхних горизонтов почвы.

Скопления закисных соединений железа (FeO), придающие почве сизоватое окрашивание, присущи исключительно оглеенным болотным и заболоченным почвам. Наличие глеевых пятен, как уже отмечалось выше, обнаруживает протекающие в почве раскислительные и восстановительные процессы.

Выделение аморфной кремнекислоты (SiO_2) наблюдается наичаще в элювиальном горизонте подзолистых почв. Большое скопление SiO_2 в виде сильно развитого горизонта A_2 свидетельствует о глубоко зашедшем подзолообразовательном процессе.

Целый ряд различного рода новообразований является характерным для почв степных и засушливых районов. Так, скопления легкорастворимых солей (NaCl, $MgCl_2$, $CaSO_4$, Na_2SO_4) в виде белых выцветов и налетов в почвенной массе и на ее поверхности свойственны засоленным почвам, солончакам.

В почвах засушливых областей нередко встречаются и выделения гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) белого цвета в виде кристаллов или друз, достигающих иногда значительной величины.

Скопления в почве и в особенности на ее поверхности означенных солей красноречиво говорят об отсутствии процессов вымывания в этих почвах, о сухом климате, о сильном испарении, которое и является одной из важнейших причин поднятия по капиллярам растворов солей из глубоких горизонтов и накопления их в верхних слоях почвы. Само собою разумеется, что для значительных скоплений легкорастворимых солей на поверхности почвы, помимо сухости климата, требуется налицо еще одно благоприятное условие, а именно — близость к поверхности почвенно-грунтовых вод. Этим и объясняется тот факт, что засоленные почвы среди засушливых районов не залегают сплошными массивами сколько-нибудь значительных размеров, а встречаются чаще всего лишь небольшими сравнительно островками, главным образом по пониженным участкам, где имеются благоприятные условия для капиллярного поднятия почвенных растворов.

403321

К числу новообразований, встречающихся в почвах, следует также отнести различного рода кротовины, корневины, червоточины и прочие следы растительного и животного происхождения, по которым иногда можно судить о прежних условиях почвообразования, о растительном покрове в данной местности и т. д. Так, например, обнаружение корневин на той или иной глубине в степных почвах служит некоторым доказательством наличия здесь леса в прошедшие века; нахождение в почвах лесных районов следов крупных землероев, например „байбачин" и „сусликовин", обязанных своим происхождениим деятель-

ности степных животных, указывает на то, что данная местность была некогда степью, что эти почвы, следовательно, в недавнем прошлом находились в иных природных условиях, чем в настоящее время, и т. д.

Таким образом, внимательное изучение почвенных новообразований дает нам в руки возможность судить о самых разнообразных свойствах почвы, имеющих как научное, так и практическое значение.

Механический состав почвы. Интенсивность почвообразовательного процесса, присущего той или иной почве и обусловливающего в известной степени агропроизводственную ценность и качество последней, в значительной мере зависит от характера механического состава почвы.

Всякая почва, развивающаяся на определенной материнской горной породе, в своей минеральной части состоит из отдельных зерен или обломков различных минералов и пород, величина диаметра которых колеблется в пределах от нескольких сантиметров, до микронов и миллимикронов, включительно.

Процентное соотношение в почве минеральных частиц различной крупности и называется механическим составом почвы.

Механический состав оказывает непосредственное влияние на самые различные свойства почвы; поэтому при исследовании почв определение их механического состава имеет большое практическое значение.

Для точного определения механического состава в лабораториях применяется метод механического анализа, основанный на принципе отмучивания в стоячей или текучей воде частиц различного диаметра и просеивании почвы на специальных ситах с отверстиями различных диаметров. Отдельные механические фракции в результате этого анализа собирают, высушивают, взвешивают и вычисляют процент их по отношению ко всей взятой для анализа навеске почвы.

Распознавание же механического состава почвы в поле делается обычно на-глаз и наощупь. Так, например, глина в сухом виде не раздавливается пальцами и въедается в поры кожи пальцев; во влажном состоянии глина легко разминается и принимает любую форму. При раскатывании комка между ладонями рук глина дает тонкий шнур. При разминании ее пальцами песок не ощущается. Тяжелый суглинок также дает шнур, но при сгибании его в кольцо образуются трещины. Суглинки средний и легкий во влажном состоянии раскатываются в шнур но при сгибании его в кольцо он разламывается, при растирании между ладонями песок ясно ощущается. Супесь в сыром

состоянии либо вовсе не раскатывается в шнур между ладонями, либо этот шнур разрывается уже при раскатывании; песчаных частиц здесь много и они ощутительно царапают кожу пальцев. Песчаные почвы отличаются большой рыхлостью и не способны раскатываться в шнур между ладонями. При установлении степени трудности обработки почвы пользуются терминами: легкая, тяжелая, средняя почва.

Почвенная структура. Технические элементы или частицы под воздействием почвенных условий могут склеиваться в различного рода комочки, образуя так называемые структурные агрегаты, или отдельности.

Это свойство отдельных частиц образовывать той или иной величины и формы агрегаты, называется структурностью почвы. Сами же агрегаты или комочки, образовавшиеся таким путем, получили название почвенной структуры, или структурных отдельностей.

Структурные агрегаты могут быть самой различной величины. В этом отношении различают макроструктуру и микроструктуру. Под макроструктурой разумеют те почвенные комочки, величина диаметра которых колеблется от 0,25 до 10 мм; к микроструктуре относят комочки мельче 0,25 мм. Отдельности же крупнее 10 мм называются глыбами.

Механические элементы, в зависимости от особенностей и свойств той или иной почвы, способны образовывать структурные агрегаты, различные не только по величине, но и по форме. Каждый тип почв характеризуется определенным видом структуры. Среди большого разнообразия структурных форм, имеющихся в природе, наиболее часто встречаются следующие: зернистая, комковатая, ореховатая, листоватая, плитчатая, столбчатая и призматическая. Из них наиболее ценными в агрономическом отношении являются комковатая и зернистая структуры с величиной агрегатов 1—3—5—7 мм.

Существенным моментом, которым определяется качество почвенной структуры, является прочность структурных комков. Под прочностью структуры понимается способность комков противостоять размыванию и разрушению их водою. Это свойство не следует смешивать со связностью. Связностью называется способность почвы противостоять силам, стремящимся механически разъединить ее частички. Почва может быть очень связной, но совсем не обладать прочностью.

Например, обычная красная глина может обладать столь значительной связностью, что потребуется сильный удар

молотка, чтобы раздробить даже небольшую глыбку ее; между тем такой же величины глыбка ее, опущенная в воду, мгновенно расплывается в бесформенную массу — она не обладает прочностью (акад. В. Р. Вильямс).

В природе встречаются почвы как с хорошо выраженной прочной комковатой структурой, так и со слабой, легкораспадающейся структурой. Примером почв, обладающих прочной структурой, могут служить черноземные почвы, примером же почв со слабой, непрочной структурой является большинство почв подзолистого типа почвообразования и затем почвы сухой степи—бурые почвы, каштановые и сероземы.

Наконец, следует отметить, что наряду со структурными почвами в природе встречается немало почв и вовсе не имеющих структуры. Такого рода бесструктурными почвами в большинстве случаев являются песчаные почвы; по сумме своих природных свойств и по особенностям механического состава они не способны образовывать структуру. К бесструктурным почвам следует отнести также солонцовые почвы; при увлажнении они легко разрушаются, заплывают и превращаются в непроницаемую ни для воздуха, ни для воды сплошную массу.

Среди пахотных угодий хорошей, прочной комковатой структурой обладают высококультурные пашни, где из года в год осуществляется рациональная, научно обоснованная система агротехники, тщательная и своевременная обработка, правильный севооборот, систематически и в достаточных количествах вносятся удобрения и т. д. Напротив, на участках малоокультуренных всегда, как правило, залегают почвы с плохой, легко разрушающейся структурой, а иногда и вовсе бесструктурные. В этом отношении почвенная структура представляет собою весьма существенный признак, которым резко отличается культурная почва от некультурной.

Почвенная структура является важнейшим условием плодородия почвы; поэтому, изучая почву в природе, необходимо точно определить характер структуры и ее прочность.

Определение почвенной структуры в поле производится обычно на-глаз при выбрасывании земли из ямы.

При описании почв в поле следует также указывать степень выраженности почвенной структуры, а именно:

1) отчетливая или хорошо выраженная структура, как то: отчетливо ореховатая, отчетливо зернистая и т. д.;

2) неясно выраженная или намечающаяся структура, например неясно пластинчатая, намечающаяся столбчатая и т. п.

Помимо отмеченных свойств, необходимо учитывать степень влажности и характер увлажнения почвы. В случае, если яма доходит до почвенно-грунтовой воды, отмечается уровень последней. При изучении профиля почвы существенным является отметить характер и глубину распространения корневой системы растений и, наконец, характер почвообразующей материнской породы.

Таковы те главнейшие моменты, которые должны найти свое отражение при описании почв в поле.

Описание почв необходимо сопровождать заметками относительно характера растительности, условий рельефа и культурного состояния угодья. Если разрез сделан на пашне, следует отметить состояние посевов и их качество. Очень часто по внешнему виду растений можно безошибочно судить о качестве почвы и ее плодородии.

ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

При полевом исследовании почв возможно выполнение лишь некоторых и притом самых несложных химических испытаний, почему подробное и всестороннее изучение химического состава почв является задачей последующей лабораторной обработки собранного в поле материала.

Из химических свойств в поле обычно исследуются наличие карбонатов в почве (по вскипанию с HCl), реакция почвенного раствора (pH), наличие в почве сернокислых, хлористых солей и закисных соединений железа.

Определение реакции (pH) удобнее всего производить с помощью универсального индикатора. Для этого в пробирку насыпают немного почвы, прибавляют, примерно, двойное количество (по объему) раствора хлористого калия (1,0 норм.), взбалтывают и дают отстояться до прозрачности раствора. Затем пипеткой берут часть раствора на фарфоровую чашечку, прибавляют две-три капли индикатора, размешивают и сравнивают полученную окраску со стандартной цветовой шкалой.

Иногда реакцию почвенного раствора можно определять с помощью лакмусовой бумажки путем зажимания последней между комками свежевыкопанной, не успевшей высохнуть почвы.

Для определения наличия в почве хлористых и сернокислых солей приготовляют с помощью дестиллированной воды небольшое количество вытяжки, к отдельным пробам которой в пробирках прибавляют $BaCl_2$ и $AgNO_3$. Появление белого осадка или мути в пробирке с $BaCl_2$ укажет на присутствие сернокислых солей, а в пробирке с $AgNO_3$ — на присутствие хлористых солей в почве.

Определение присутствия закиси железа узнается по посинению почвы от капли свежего раствора красной кровяной соли $K_4Fe(CN)_6$.

В результате внимательного изучения почвы в поле дается агропроизводственная ее характеристика и указываются те мероприятия, какие необходимы для поднятия плодородия данной почвы.

В качестве примера приведем следующее описание типичного профиля слабо-подзолистой суглинистой почвы (рис. 4).

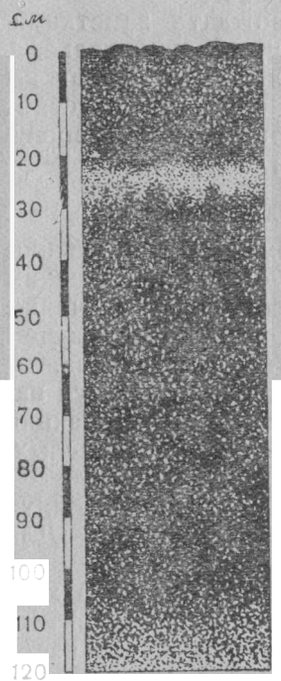


Рис. 4. Схема строения слабо-подзолистой почвы.

Пашня. Равнина. Ленинградская область; Поддорский район; дер. Большая Горушка.

Пахотный горизонт — 0—20 см; темносерой окраски, суглинистый, уплотненный; заметно обогащен перегноем; обладает ясно выраженной, хотя и непрочной комковато-зернистой структурой; включения — мелкие кристаллические валуны. Переходит в горизонт A_2 постепенно.

Горизонт A_2 — 20—25 см; слабо выражен; на буровато-палевом фоне лишь изредка обнаруживаются отдельные, едва заметные на-глаз, сероватые пятна оподзоленности; горизонт слабо выщелочен, переходит в горизонт В постепенно.

Горизонт В — 25—90 см; суглинистый, плотный, красно-бурой окраски; в средней части изредка видны стяжения в виде ортштейновых бобовин; разламывается на остроганные отдельности различной величины и формы. Переходит в горизонт С незаметно.

Горизонт С — от 90 см; красно-бурый, бескарбонатный валунный суглинок.

Название почвы. Слабо-подзолистая суглинистая почва на бескарбонатном валунном суглинке.

ВЗЯТИЕ ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ

После описания основного разреза приступают к взятию почвенных образцов для лабораторных исследований.

Образцы берутся из каждого генетического горизонта, для чего ножом или стамеской вырезывают прямоугольный кусок с величиной ребра, примерно, в 8 см из типичной части каждого горизонта. Если мощность почвенного слоя большая, то берутся два образца — из верхней и нижней части горизонта отдельно. Размеры образцов зависят от целей последующей лабораторной обработки. Чаще же всего берется от 0,5 до 1 кг почвы. Каждый образец снабжается соответствующей этикеткой, завертывается в оберточную бумагу и завязывается шпагатом. В этикетку записывается номер разреза, генетический горизонт и глубина взятия пробы, год, месяц, число и дается подпись исследователя. Без этикетки взятый образец не имеет никакого значения. Количество проб в разрезе зависит от числа почвенных слоев. Обычно же берется 4—5 образцов в основном разрезе.

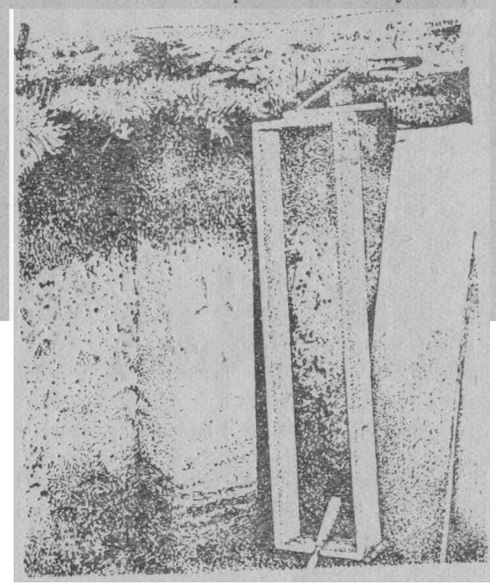


Рис. 5. Монолит в вырезанном виде.

Следует отметить, что брать почвенные образцы из каждого основного разреза нет необходимости. Образцы берутся только в тех разрезах, которые являются наиболее типичными для определенной почвенной разности.

Помимо почвенных образцов при полевом исследовании иногда берутся еще почвенные монолиты с ненарушенной структурой, сложением и строением. Хорошо взятый почвенный монолит дает возможность дополнить и проверить все сделанные в поле морфологические наблюдения и записи относительно цвета почвы, ее структуры, строения, выделения горизонтов и т. д. Кроме того, ряд монолитов, взятых с типичных мест исследованной площади, позволяет наглядно сопоставить все отличительные признаки выделенных почвенных разновидностей. Наконец, почвенные монолиты имеют еще большое значение как ценный музейный и наглядный учебный материал для сельскохозяйственных вузов, техникумов и опытных станций.

Монолиты берутся в деревянные ящики указанных ранее размеров (100 × 20 × 10 см). Для взятия монолита копается широкая яма длиной 2 м, шириной 1 м и глубиной 1,5 м. Если монолит берется из основного разреза, то последний несколько расширяется и углубляется. Для выемки почвенного монолита на вертикальной стенке ямы вырезывается прямоугольная колонна по размерам монолитного ящика; на эту колонну надевается затем рамка ящика, к которой, после обрезки выступающих частей почвы, привинчивается крышка. После этого колонна подкапывается с боков и постепенно отваливается. Затем вынимают монолит из ямы, счищают избыток почвы ножом вровень с краями рамки и привинчивают крышку. На крышке ящика пишут номер разреза, откуда взят монолит, и название почвы.

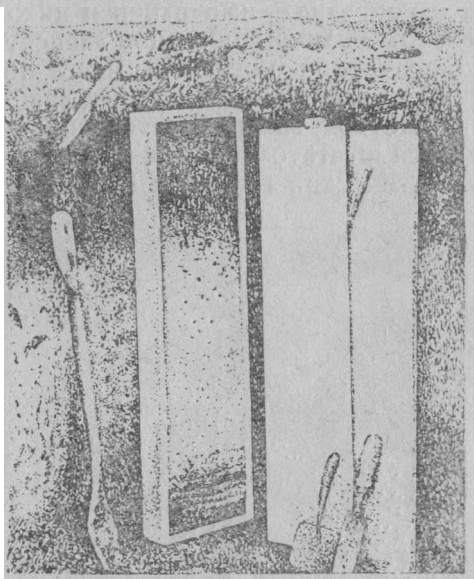


Рис. 6. Монолит с надетой рамкой.

СОСТАВЛЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПЛАНА

Результатом почвенных исследований должен явиться почвенный план, дающий наглядное представление о характере почв и их распространении на исследованном участке.

Для составления почвенного плана необходимо иметь топографическую основу в том или ином масштабе с обозначением на ней рельефа, представленного горизонталями, расположения дорог, рек, оврагов, лесов, кустарников, пашни, луговых угодий и селений. Чем более подробна топографическая основа, служащая для ориентировки и нанесения на ней почвенных разрезов, тем более точно и детально могут быть выделены почвенные разновидности. Другими словами, чем крупнее масштаб основы, тем легче составить хороший почвенный план. Масштабы планов для проведения почвенных съемок применяются различные.

Вполне подходящим для колхозного или совхозного плана будет масштаб 1 : 10 000, т. е. в 1 см 100 м. Еще лучшей для детальных почвенных исследований является основа в масштабе 1 : 5000, т. е. в 1 см 50 м.

Располагая такого рода топографической основой, работу в поле по составлению почвенного плана распределяют следующим образом.

Прежде всего на топографической основе намечаются маршрутные или ходовые профильные линии, которые проходили бы через все основные элементы рельефа местности. Как правило, такие ходы проводят в поперечном направлении к имеющимся речным долинам. Далее, на этих ходах закладывают и изучают ряд почвенных разрезов, которые должны характеризовать типичные элементы рельефа, причем каждый разрез и прикопка обязательно отмечаются на плане и нумеруются. Основные разрезы принято обозначать на плане квадратиками, контрольные — треугольниками и прикопки отмечаются точкой.

Когда выкопаны основные и контрольные разрезы на определенной части исследуемой территории и выяснена общая картина пространственного распределения почв, приступают к установлению границ между отдельными почвенными разностями. Необходимо при этом иметь в виду, что переход одной почвенной разности в другую в природе очень часто совершается весьма постепенно, без резких границ. Поэтому установление границ между ними в виде линий на плане является известной условностью или схематизацией действительной картины, имеющейся в природе. Тем не менее, при учете рельефа местности, растительного покрова и почвообразующей породы, с которыми теснейшим образом связаны изменения в почвенном покрове, границы между почвенными разностями могут быть установлены достаточно точно, и составленный при этом почвенный план будет близок к действительности.

Нередко границы почв совпадают с границами угодий, которые обозначены на топографической основе, например леса, луга, болота, пашни и т. д. В таких случаях проведение границ между почвенными разновидностями на почвенном плане облегчается. В тех же случаях, когда местность ровная и не имеет резких изменений в рельефе и характере растительности, установление границ между отдельными почвенными разностями производится рядом дополнительных контрольных разрезов и прикопок.

Так, в результате пересечения в различных направлениях исследуемой территории последняя покрывается

целой сетью основных и контрольных разрезов и прикопок, на основе которых вычерчивается предварительный почвенный план или карта. Составление предварительного почвенного плана, как правило, должно производиться в процессе полевого исследования почв, а не после окончания этой работы.

Когда полевое исследование почв закончено, приступают к камеральной обработке собранного материала: просматриваются полевые записи, уточняются почвенные контуры на плане, сличаются между собой отдельные почвенные образцы. Все предназначенные для лабораторного исследования образцы поступают в лабораторную обработку. Многие важные свойства почвы могут быть определены путем простых анализов в хатах-лабораториях, в агрохимических лабораториях при МТС, при опытных станциях и т. д.

При помощи полученных лабораторных анализов уточняется почвенная классификация, выработанная в процессе полевого исследования, а в связи с этим окончательно исправляется и уточняется почвенный план или карта. После этого уже вычерчивается почвенный план на хорошей чертежной бумаге. Хорошо составленный и научно обоснованный почвенный план должен быть в то же время настолько понятным, чтобы им мог воспользоваться любой колхозник. Поэтому почвенный план должен быть снабжен соответствующими условными обозначениями, объясняющими его содержание.

В качестве условных обозначений на плане обычно даются названия типа почвы и почвенных разностей, с указанием механического состава и характера почвообразующих пород. Иногда на почвенном плане отмечаются еще глубина грунтовых вод и их засоление, потребность почв в известковании и т. д.

Необходимым дополнением к почвенной карте или плану является объяснительная записка, или почвенный очерк. В объяснительной записке дается обстоятельная агропроизводственная характеристика почвенного покрова исследованной территории, а также обоснование важнейших агротехнических мероприятий, с помощью которых должно осуществляться плановое улучшение данных почв, как необходимая предпосылка для прогрессивного повышения урожайности всех без исключения возделываемых сельскохозяйственных культур.

МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ

ПОДГОТОВКА ПОЧВЫ К ЛАБОРАТОРНОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ

Взятые в поле почвенные образцы для лабораторного исследования должны быть соответственно подготовлены. Для этой цели каждый образец почвы помещают на бумагу, рассыпают его тонким слоем и просушивают до воздушно-сухого состояния, растирая руками все более или менее крупные комья и отбирая пинцетом различные включения: валуны, корни и т. п. Раздробленный образец за время высушивания несколько раз тщательно перемешивается; затем из него берется проба в 500 г таким образом, чтобы они по возможности представляли среднюю пробу всего образца. Взятие средней пробы производится обычно так: вся почва после доведения ее до воздушно-сухого состояния распределяется на листе бумаги тонким слоем и разбивается диагоналями на четыре треугольника. Далее, отбрасывают в сторону почву из двух противолежащих треугольников, а с оставшейся почвой снова проделывают ту же операцию. Так поступают до тех пор, пока от всего почвенного образца не останется 500 г, что устанавливается взвешиванием в фарфоровой чашке на технических весах. Это и будет средняя проба.

Для взятия средней пробы можно слой почвы делить не на треугольники, а на квадратики и брать почву роговой ложкой через один-два участка в фарфоровую чашку, пока не наберется 500 г. Взятый средний образец почвы растирается затем по частям в фарфоровой ступке деревянным пестиком и просеивается на сите с отверстиями в 1 мм. Растирание необходимо вести осторожно, чтобы не разрушить отдельных песчинок или обломков горных пород. Не прошедшая через сито часть почвы снова растирается и просеивается. Эта операция повторяется до тех пор, пока на сите не останутся лишь твердые каменистые обломки.

Прошедший через сито в 1 мм мелкозем помещается в стеклянную банку с притертой пробкой, где он и сохраняется для последующих анализов.

Что же касается той части почвы, которая осталась на сите, то химическому исследованию она обычно не подвергается. Крупные частицы, оставшиеся на сите, помещаются отдельно в стеклянную банку и сохраняются для определения механического состава почвы.

Для многих определений при валовом анализе почва, прошедшая через сито в 1 мм, подвергается еще большему измельчению. С этой целью из банки с почвой, просеянной через сито в 1 мм, берется около 50 г; в этой навеске тщательно отбираются корешки с помощью лупы и пинцета, затем почва растирается в фарфоровой ступке фарфоровым пестиком, так чтобы она вся прошла через сито с отверстиями в 0,25 мм. Просеянная таким образом почва помещается в банку с притертой пробкой, откуда берутся навески для определения гигроскопической воды, P_2O_5, K_2O, CO_2 и гумуса.

МЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВЫ

Общие сведения

Всякая почва, развивающаяся на определенной материнской породе, в своей минеральной части состоит из отдельных зерен или обломков различных минералов и пород, величина диаметра которых колеблется в пределах от нескольких сантиметров до микронов и миллимикронов включительно. Относительное содержание в почве минеральных частиц различной крупности и называется механическим составом почвы.

Согласно классификации акад. В. Р. Вильямса, механические элементы по величине разделяются на такие группы:

Камни		в диаметре более 10 мм
Хрящ	крупный	10—7 мм
	средний	7—5 „
	мелкий	5—3 „
Песок	крупный	3—1 „
	средний	1—0,25 мм
	мелкий	0,25—0,05 „
Пыль	крупная	0,05—0,01 „
	средняя	0,01—0,005 „
	мелкая	0,005—0,001 „
Ил		менее 0,001 „

В практике же очень часто несколько упрощают эти подразделения, объединяя несколько фракций в одну группу; так, например, частицы менее 0,01 мм объединяются в группу под названием физической глины, частицы от 0,01 до 0,1 мм объединяются в фракцию под именем пыли, а частицы размером от 0,1 до 3 мм составляют фракцию песка.

Кроме того, частицы, имеющие величину 0,25 мм и меньше, обычно именуются почвенным мелкоземом; частицы же крупнее 0,25 мм объединяются общим наименованием почвенного скелета, т. е. той минеральной части, которая является как бы остовом почвенной массы и принимает весьма малое непосредственное участие в почвообразовательных процессах.

От почвенных частиц, или механических элементов необходимо отличать почвенные комочки-агрегаты, или структурные элементы, которые образуются из почвенных зерен вследствие их склеивания между собой. Клеящим материалом являются гумус, известь и различные коллоидальные вещества. Такие комочки при механическом анализе должны быть предварительно разрушены путем кипячения почвы и растирания ее пальцами на ситах.

Подразделение, или классификация почв по механическому составу производится на основании соотношения трех главнейших фракций: песчаной, пылеватой и глинистой (илистой). Чаще пользуются так называемой двучленной формулой — соотношением лишь двух фракций: физической глины, куда условно относятся частицы мельче 0,01 мм, и песка — из частиц крупнее 0,01 мм.

При этом придерживаются следующих градаций:

Содержание физической глины (частиц меньше 0,01 мм) в проц.

В песчаных почвах	до 10
В супесчаных	от 10 до 20
В легко-суглинистых	„ 20 „ 30
В суглинистых	„ 30 „ 40
В тяжело-суглинистых	„ 40 „ 50
В глинистых	свыше 50

При пользовании же трехчленной формулой употребляется название почвенных разностей по преобладающим двум группам фракций из трех: песок, пыль и ил; при этом название наибольшей по количеству группы фракции ставится на конце, а название следующей за ней приписывается впереди первого названия, например: иловато-песчаные, песчано-иловатые, иловато-пылеватые, песчано-пыле-

ватые и т. д. Название „иловато-песчаная" показывает, что в почве преобладает песок, а затем идет ил, пыли же в ней содержится меньше всего, название „песчано-иловатая" показывает, что в почве преобладает ил, песка же содержится меньше и т. д.

Всякая почва, обладающая тем или иным механическим составом, характеризуется и определенными физическими и химическими свойствами, имеющими самую непосредственную связь с ее плодородием. При одном механическом составе почвы эти свойства будут более благоприятными, при другом — свойства будут иными, менее благоприятными, вследствие чего и сама почва будет менее ценной, менее производительной. Однако же сказать, при каком механическом составе почва будет обладать наиболее благоприятными свойствами или какое соотношение отдельных механических фракций должно являться одним из критериев высокого качества почвы, — пока не представляется возможным; этот вопрос до настоящего момента еще мало разработан.

Поэтому ограничимся здесь лишь общими замечаниями, что лучшими в агрономическом смысле в отношении механического состава в большинстве случаев являются почвы легко-суглинистые и средне-суглинистые; они характеризуются таким сочетанием глинистых и песчаных фракций, при котором наилучшим образом создаются условия газообмена и водного режима почвы, обеспечивающие интенсивное развитие химических и биологических процессов. Обладая же достаточным количеством глинистых частиц, являющихся одним из непосредственных источников образования легкорастворимых питательных веществ, эти почвы являются вместе с тем сравнительно легкими при их обработке, что также весьма ценно в производственном отношении.

Далее, следует отметить группу супесчаных и затем тяжело-суглинистых почв.

Худшими же в сельскохозяйственном отношении по механическому составу следует признать почвы песчаные и тяжелые глинистые, обладающие целым рядом отрицательных свойств.

С механическим составом теснейшим образом связаны физические и биохимические свойства почвы, поэтому знание механического состава является необходимым при агропроизводственной характеристике почв.

Для выделения из почвы крупных частиц употребляют металлические сита с отверстиями определенного размера, для определения же мелких частиц пользуются способом

отмучивания в воде, основанным на том, что более крупные частицы падают скорее, чем мелкие.

Существует много методов механического анализа почв и почти все они сводятся к отмучиванию механических фракций в стоячей воде.

Ниже мы остановимся на описании двух методов, получивших наибольшее распространение в лабораторной практике: 1) метода Сабанина и 2) пипеточного метода Робинсона.

Методом Сабанина выделяются механические фракции 1,0—0,25 мм, 0,25—0,05 мм, 0,05—0,01 мм и частицы мельче 0,01 мм, методом Робинсона фракции мельче 0,01 мм разделяются еще на ряд фракций.

Механический анализ почвы по Сабанину

Необходимое оборудование: а) технические весы с разновесками; б) прибор Сабанина; в) набор почвенных сит; г) 1 большая и 3 средних фарфоровых чашки; д) баня водяная; е) мерный цилиндр емкостью 100 куб. см; ж) песочные часы на 100 сек. и на 5 мин.; з) стеклянная банка; и) коническая колба емкостью 150 куб. см с воздушным холодильником; к) промывалка.

Разделение почвенного скелета при помощи сит. Механический анализ почвенного скелета, т. е. частиц, не прошедших через сито в 1 мм, производится путем просеивания через колонку сит с отверстиями в 10, 7, 5, 3 и 1 мм. Колонка сит составляется таким образом, чтобы сита с крупными отверстиями помещались выше сит с мелкими отверстиями. Оставшаяся после просеивания на каждом сите почва кисточкой переносится отдельно во взвешенные фарфоровые чашки, взвешивается на технических весах и вычисляется в процентах к первоначально взятой общей навеске почвы 500 г.

Разделение почвенного мелкозема. Механический анализ мелкозема, т. е. частиц, прошедших через сито с отверстиями в 1 мм, производится путем отмучивания. Перед отмучиванием для разъединения почвы на соответствующие ее частицы и для разрушения комочков пользуются различными приемами. Наиболее простой способ состоит в растирании почвы и в кипячении ее с водой.

Техника метода. Из средней пробы мелкозема отвешивают на технических весах в конической колбе емкостью 150 куб. см 5 г и прибавляют в колбу 80 куб. см воды. Колбочку закрывают пробкой, с вставленной в нее длинной стеклянной трубкой, играющей роль холодильника,

и, подогрев, равномерно кипятят 1 час для разрушения структурных комочков.

Охлажденную после кипячения навеску почвы пропускают через сито с отверстиями диаметром 0,25 мм. Для этого сито ставится в большую фарфоровую чашку с водой, так чтобы дно сита было под водой. Споласкивают и обливают колбочку водой из промывалки, нацело перенося почвенные частицы на сито. Почву на сите протирают пальцем, приподнимая и снова погружая сито в воду. Далее, из промывалки промывают почву на сите до тех пор, пока через сито не будет проходить совершенно прозрачная вода. После этого при помощи промывалки переносят оставшиеся на сите частицы почвы от 0,25 до 1 мм в предварительно взвешенную маленькую фарфоровую чашечку, сливают после отстаивания избыток воды, ставят чашечку на водяную баню и выпаривают жидкость досуха. Затем дают чашечке постоять в весовой комнате 30 — 40 мин. для приведения в воздушно-сухое состояние, взвешивают на технических весах и вычисляют процент частиц от 1,0 до 0,25 мм по отношению к навеске воздушно-сухой почвы.

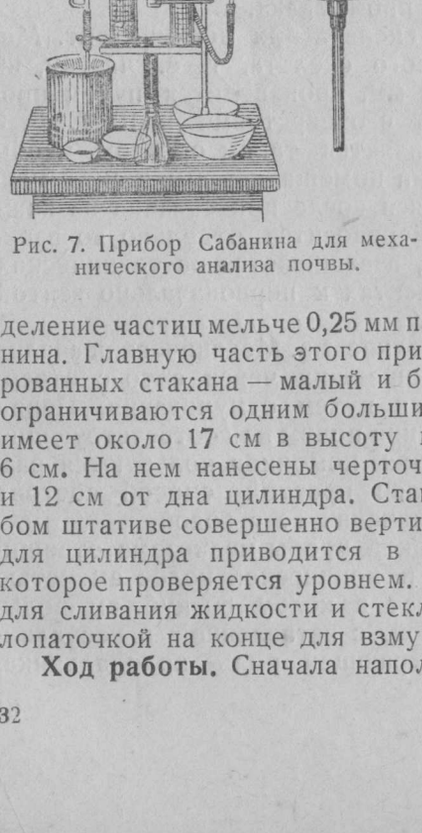


Рис. 7. Прибор Сабанина для механического анализа почвы.

Двойное отмучивание на приборе Сабанина. Разделение частиц мельче 0,25 мм производится на приборе Сабанина. Главную часть этого прибора составляют два градуированных стакана — малый и большой. На практике часто ограничиваются одним большим цилиндром. Этот цилиндр имеет около 17 см в высоту и внутренний диаметр 5,5—6 см. На нем нанесены черточки на расстоянии 2, 4, 6, 8, 10 и 12 см от дна цилиндра. Стакан устанавливается на особом штативе совершенно вертикально. Для этого подставка для цилиндра приводится в горизонтальное положение, которое проверяется уровнем. В цилиндр опускается сифон для сливания жидкости и стеклянная палочка с каучуковой лопаточкой на конце для взмучивания.

Ход работы. Сначала наполняют сифон прибора Сабанина (рис. 7) водой, устанавливают его на высоте 2 см от дна стакана и проверяют горизонтальность установки прибора. Затем отмучивают почву в чашках. Для этого почву взмучивают в большой фарфоровой чашке каучуковой лопаточкой, оставляют в покое на 20 сек., после чего неосевшую муть сливают по палочке в малую чашку. Через 45—50 сек. сливают мутную жидкость из малой чашки в цилиндр Сабанина до уровня 4 см. Взмучивают жидкость в стакане лопаточкой и по истечении 100 сек. сливают до высоты 2 см сифоном в большой стакан вместимостью 2—3 л. Для измерения времени удобно пользоваться песочными часами. Опытами установлено, что частицы от 0,05 до 0,01 мм в диаметре имеют скорость падения в воде 2,0 мм в 1 сек., частицы с диаметром меньше 0,01 мм имеют скорость падения 0,2 мм в 1 сек. и т. д. Эти величины и являются стандартом для методов механического анализа и на основании их построены приборы для отмучивания почвы.

При скорости падения 0,2 мм в 1 сек. и высоте столба жидкости в 2 см через 100 сек. сливаются частицы меньше 0,01 мм или гидравлически им равноценные. Затем наливают следующую порцию мутной жидкости из большой фарфоровой чашки в стакан Сабанина до высоты 4 см, взмучивают и через 100 сек. снова сливают сифоном до уровня 2 см. Такое отмучивание в фарфоровых чашках и сливание из цилиндра повторяют раз 10—15, пока вся жидкость из фарфоровых чашек не будет перенесена в стакан Сабанина. После 10—15 сливаний оставшуюся в обеих фарфоровых чашках почву растирают пальцем, приливают воды, обмывая палец, и продолжают сливание и отмучивание до полного осветления жидкости в чашках. После этого почву при помощи лопаточки нацело переносят в стакан Сабанина, где еще продолжают отмучивание и сливание до полного осветления слоя жидкости от 4 до 2 см.

Чтобы проверить, что частицы меньше 0,01 мм отмучены, устанавливают сифон в цилиндре на уровне 6 см, приливают в стакан Сабанина воды до черты 12 см и взмучивают почву лопаточкой. Если через 5 мин. верхняя половина столба жидкости от 12 до 6 см окажется прозрачной, то отделение частиц меньше 0,01 мм было полным. В противном случае жидкость через 5 мин. сливается сифоном до черты 6 см, а жидкость, остающаяся в цилиндре, доливается дестиллированной водой до 12 см, и операция отмучивания повторяется до полного осветления слоя жидкости от 12 до 6 см.

Далее, почва из стакана Сабанина переносится водой

из промывалки во взвешенную фарфоровую чашку. По отстаивании избыток воды сливается из чашки, чашка ставится на водяную баню и выпаривается досуха. После 30 мин. стояния в весовой комнате чашка взвешивается на технических весах. Так определяется вес почвенных частиц от 0,25 до 0,01 мм в диаметре. Вес же частиц, меньших 0,01 мм, находится по разности между взятой навеской почвы в 5 г и суммой весов найденных фракций от 1,0 до 0,25 мм и от 0,25 до 0,01 мм.

Полученные цифры пересчитываются в процентах.

Пример вычисления процентного содержания отдельных механических фракций почвы. При механическом анализе из 500 г почвы получено:

1. Камней — зерна диаметром более 10 мм — нет.
2. Хряща: а) крупного — от 10 до 7 мм — 3 г, т. е.

$$\frac{3 \cdot 100}{500} = 0{,}6\%;$$

б) среднего — от 7 до 5 мм — 2 г, т. е.

$$\frac{2 \cdot 100}{500} = 0{,}4\%;$$

в) мелкого — от 5 до 3 мм — 5 г, т. е.

$$\frac{5 \cdot 100}{500} = 1\%.$$

3. Песка крупного — от 3 до 1 мм — 25 г, т. е.

$$\frac{25 \cdot 100}{500} = 5\%.$$

Общее количество мелкозема, т. е. частиц меньших 1 мм, определяется по разности:

$$100 - (0{,}6 + 0{,}4 + 1 + 5) = 93\%.$$

Далее, вычисляется процентное содержание отдельных фракций мелкозема.

В 5 г почвы в результате анализа найдено:

среднего песка — зерен от 1,0 до 0,25 мм — 0,5 г, т. е.

$$\frac{0{,}5 \cdot 93}{5} = 9{,}3\%;$$

мелкого песка и пыли — частиц от 0,25 до 0,01 мм — 2 г, т. е.

$$\frac{2 \cdot 93}{5} = 37{,}2\%.$$

Физической глины, т. е. частиц меньше 0,01 мм:

$$93 - (9{,}3 + 37{,}2) = 46{,}5\%.$$

Проверка вычисления:

$$0{,}6 + 0{,}4 + 1 + 5 + 9{,}3 + 37{,}2 + 46{,}5 = 100\%.$$

Полученные данные записываются в таблицу по следующей форме:

Название почвы	Горизонт и глубина взятия образца	Скелет в проц.					Мелкозем в проц.		
		> 10 мм	10—7 мм	7—5 мм	5—3 мм	3—1 мм	1—0,25 мм	0,25—0,01 мм	< 0,01 мм
Тяжело-суглинистая	$A_{пах.}$ 2—15 см	—	0,6	0,4	1	5	9,3	37,2	46,5

На основании результатов механического анализа дается определение почвенной разности по механическому составу. Так как в данном примере количество физической глины составляет 46,5%, то по двучленной формуле почва должна быть отнесена к группе тяжело-суглинистых почв.

Механический анализ почв по методу Робинсона

Необходимое оборудование: а) аналитические весы с разновесками; б) сушильный шкаф; в) водяная баня; г) сито с отверстиями в 1 мм; д) фарфоровые чашки: 1 большая и 3 средних; е) воронки стеклянные диаметром 7—9 см; ж) большой химический стакан; з) мерный цилиндр емкостью 1000 куб. см; и) пробирки 5 штук; к) коническая колба емкостью 500—750 куб. см с пробкой и длинной стеклянной трубкой, играющей роль холодильника; л) стеклянная палочка с резиновой лопаткой; м) пипетка на 20 куб. см, вделанная в широкую пробку.

Реактивы: а) растворы соляной кислоты — 10%; 0,2-нормальный и 0,05-нормальный; б) 4% растворы щавелевокислого аммония; в) 5% раствор азотнокислого серебра; г) 1% раствор аммиака.

Техника метода. Механический анализ почвы по методу Робинсона основан на том же принципе отмучивания в стоячей воде, т. е. на принципе различной скорости падения частиц в воде в зависимости от величины их диаметра.

Ход работы заключается в следующем.

Из средней пробы воздушно-сухой почвы, просеянной через сито в 1 мм, берется на аналитических весах навеска в 10 г.

Одновременно делается проба на карбонатность почвы, при помощи 10% HCl (вскипание).

Если почва карбонатная, то она сперва обрабатывается 0,2-нормальной HCl в фарфоровой чашке декантацией через воронку с фильтром, до прекращения вскипания. Затем почва при помощи 0,05-нормальной HCl нацело переносится на воронку с фильтром, где и промывается тем же раствором соляной кислоты до отрицательной реакции в фильтрате на Ca. Проба на Ca производится таким образом. Под конец промывания, т. е. когда наберется около 1 л фильтрата, собирают непосредственно из-под воронки в пробирку около 10 куб. см фильтрата, слегка подщелачивают аммиаком, приливают около 5 куб. см 4% щавелевокислого аммония и кипятят. Если в фильтрате много Ca, будет появляться белый осадок; если Ca мало, будет видна белая муть; при отсутствии же Ca не будет ни осадка, ни мути.

В случае наличия Ca в фильтрате, промывание почвы соляной кислотой продолжать до прекращения реакции на Ca.

Если почва бескарбонатная, то она прямо обрабатывается 0,05-нормальным раствором HCl в фарфоровой чашке, переносится на воронку с фильтром и промывается 0,05-нормальной HCl до прекращения реакции на Ca согласно указанному выше.

Обработка почвы раствором соляной кислоты производится в целях разъединения почвенных частиц на отдельные механические элементы. При промывании почвы 0,05-нормальным раствором HCl происходит замещение поглощенного Ca и других оснований ионами водорода, в результате которого клеящая способность илистых и коллоидальных частиц в значительной степени снижается. Далее, почва, освобожденная от поглощенных оснований, отмывается от избытка HCl дестиллированной водой до тех пор, пока промывные воды не перестанут давать муть с 5% раствором $AgNO_3$. Если к концу промывания начинает итти мутный фильтрат, вследствие вымывания почвенных коллоидов, то промывание прекращают независимо от реакции с раствором азотнокислого серебра.

После этого почву с фильтра струей горячей воды из промывалки переносят в коническую колбу емкостью 500—750 куб. см, тщательно следя за тем, чтобы при смывании на фильтре не остались частички почвы. Объем

жидкости в колбе доводится до 250—300 куб. см. Затем прибавляют в колбу по каплям 1% аммиака до ясного запаха, дают постоять несколько часов, закрывают колбу пробкой с воздушным холодильником и кипятят жидкость в течение 3 час.

Во время кипячения по мере выкипания воды необходимо доливать новые порции горячей воды.

После кипячения жидкость с почвой охлаждается и переносится через сито с отверстиями 0,25 мм в литровый цилиндр. Оставшаяся на сите почва промывается в тот же цилиндр струей воды из промывалки до полной прозрачности промывных вод.

Частицы, оставшиеся при промывании на сите, высушиваются на этом же сите и просеиваются в сухом состоянии через это же сито в цилиндр. Задержавшиеся на сите частицы (величиной от 1 до 0,25 мм) собираются во взвешенный сушильный стаканчик, высушиваются в термостате при 100—105° C и взвешиваются.

Жидкость в цилиндре доливается затем водой до 1 л, и этим заканчивается подготовка почвы к анализу. Самый анализ производится следующим образом. Жидкость в цилиндре взмучивается длинной стеклянной палочкой, на конце которой прикреплен толстый резиновый кружок. Взмучивание обычно производится в течение минуты быстрым опусканием кружка до дна и поднятием его до поверхности жидкости. Принимают, что после такого энергичного взмучивания почвенные частицы всех размеров равномерно распределяются во всем столбе жидкости.

После взмучивания с помощью пипетки, погружаемой в жидкость на 10 см, через разные промежутки времени берутся пробы для определения различных механических фракций.

И здесь, как на приборе Сабанина, разделение почвенных частиц основывается на различии скорости падения частиц в зависимости от их диаметра.

Скорость падения частиц в зависимости от их диаметра

Диаметр частиц в мм	Время	Пройденный путь в см
От 0,05 до 0,01	5 сек.	1
Меньше 0,01	50 сек.	1
От 0,005 до 0,001 . . .	36 мин.	1
Меньше 0,001	2 часа 24 мин.	1

Исходя из этих данных, легко установить, что при водяном столбе в 10 см (при условии погружения пипетки на глубину 10 см) для осаждения частиц, меньших 0,01 мм потребуется времени 8 мин. 20 сек. (50 сек. × 10), для частиц, меньших 0,005 мм, необходимо 6 час. (36 мин. × 10) и для частиц, меньших 0,001 мм, — 1 сутки (2 часа 24 мин. × 10).

Этими данными и пользуются при разделении почвы на отдельные механические фракции.

Прежде всего определяют частицы, меньшие 0,01 мм. Для этого взмученная жидкость в цилиндре оставляется стоять в течение 500 сек.

После этого в цилиндр на глубину 10 см опускается закрытая пальцем пипетка емкостью 20 куб. см, вделанная в широкую пробку. Нижняя часть пробки должна свободно входить в цилиндр, а верхняя часть — опираться на стенки цилиндра, благодаря чему пипетка может быть установлена на любую глубину.

На глубине 10 см палец отнимается, и жидкость втягивается до черты (20 куб. см). Затем пипетка снова закрывается пальцем, вынимается из цилиндра, вытирается полотенцем и переносится в предварительно взвешенную на аналитических весах фарфоровую чашку, куда и выливается жидкость из пипетки.

Жидкость в чашке почти досуха выпаривается на водяной бане и сушится в термостате при 100—105° С в течение 5 час., а затем охлаждается в эксикаторе и взвешивается на аналитических весах.

Полученный вес частиц, меньших 0,01 мм, перечисляется на весь объем суспензии. Так как весь объем жидкости равняется 1000 куб. см, а объем взятой пробы составляет 20 куб. см, то полученный вес необходимо умножить на 50. Найденный результат умножается на 10 (так как навеска почвы была 10 г) и таким образом получается процентное содержание частиц, меньших 0,01 мм. Но взятая для анализа навеска содержала лишь частицы, прошедшие через сито с отверстиями в 1 мм. Поэтому полученный результат необходимо еще перечислить в процентах по отношению ко всей навеске, для чего этот результат надо умножить на 93 (процентное содержание мелкозема в нашем примере, как указано на стр. 34, равнялось 93) и разделить на 100.

Для проверки анализа определение количества частиц, меньших 0,01 мм, повторяется еще раз.

Далее, определяются частицы, меньшие 0,005 мм.

Для этого содержимое цилиндра снова взмучивается и оставляется стоять в течение 6 час., после чего описанным выше способом берется новая проба жидкости. Доливание цилиндра после взятия пробы не производится. Высушивание, взвешивание и процентное определение частиц, меньших 0,005 мм, ведутся аналогично указанному выше. В целях проверки анализа необходимо повторить точно таким же способом определение частиц, меньших 0,005 мм.

Затем производится вычисление процента фракции от 0,01 до 0,005 мм. Для этого из процента частиц, меньших 0,01 мм, надо вычесть процент частиц, меньших 0,005 мм.

Далее, определяется содержание частиц, меньших 0,001 мм. Для этого оставшаяся в цилиндре жидкость снова взбалтывается и оставляется стоять в течение 24 час. Через сутки берется проба и анализируется по описанному выше способу. Количество частиц, меньших 0,001 мм, вычисляется в процентах по отношению ко всей почве аналогично указанному выше. Для проверки анализа определение частиц, меньших 0,001 мм, повторяется еще раз.

Вычитая из найденного процента частиц, меньших 0,005 мм, процент частиц, меньших 0,001 мм, получают процентное содержание почвенных частиц, диаметром от 0,005 до 0,001 мм.

Этим и заканчивается механический анализ почвы по методу Робинсона.

Результаты анализа записываются в таблицу по следующей форме:

Название почвенной разности	Горизонт и глубина взятия образца	Содержание в проц. (на воздушно-сухую почву)										
		Скелет					Мелкозем					
		крупнее 10 мм	10—7 мм	7—5 мм	5—3 мм	3—1 мм	1—0,25 мм	0,25—0,01 мм	0,01—0,005 мм	0,005—0,001 мм	меньше 0,001 мм

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВЕННОЙ СТРУКТУРЫ

Общие сведения

Механические элементы или частицы под воздействием почвенных условий могут склеиваться в различного рода комочки, образуя так называемые структурные агрегаты, или отдельности.

Это свойство отдельных частиц образовывать той или иной величины и формы агрегаты называется структурностью почвы. Сами же агрегаты или комочки, образовавшиеся таким путем, получили название почвенной структуры или структурных отдельностей.

Структурные агрегаты могут быть самой различной величины. В этом отношении различают макроструктуру и микроструктуру. Под макроструктурой разумеют те почвенные комочки, величина диаметра которых колеблется от 0,25 до 10 мм; к микроструктуре относят комочки мельче 0,25 мм. Отдельности же крупнее 10 мм называют глыбами.

Наиболее ценной в агрономическом отношении является зернистая структура с величиной агрегатов в 1—3—5—7 мм.

Почвенная структура имеет огромное агропроизводственное значение.

В структурной почве, в отличие от бесструктурной, самым благоприятным образом складывается водный, воздушный и пищевой режим почв. Давно установлено, что структурные почвы всегда дают гораздо более высокие урожаи, чем почвы распыленные или бесструктурные, и что всякая почва по мере ухудшения своей структуры неизбежно уменьшает и свое плодородие. Но в агропроизводственном отношении важно не только наличие в почве структурных элементов той или иной величины, но и прочность этих агрегатов, т. е. способность их противостоять разрушающему и растворяющему действию воды. В случае непрочности почвенных комочков после первого же дождя почва утрачивает структурное строение, заплывает, ухудшая свои физические и биохимические свойства. Прочная почвенная структура является важнейшим условием плодородия, поэтому изучение структуры представляет собою задачу исключительной важности. Размеры структурных элементов и их процентное соотношение в почве устанавливаются на основании так называемого агрегатного анализа.

Целью агрегатного анализа является определение размеров и процентного соотношения структурных элементов различной величины, составляющих данную почву.

Агрегатный анализ почвы заключается в просеивании ее на ситах с определенными отверстиями и последующем взвешивании полученных отдельных фракций, выражаемых в процентах.

Необходимо отметить, что почвенная структура не остается постоянной; она в той или иной степени всегда изменяется как в природных условиях, так и под влиянием агротехнических воздействий. При рациональной обработке почвы и высокой агротехнике почвенная структура улучшается, становится более прочной; наоборот, при низкой агротехнике структура неизбежно распыляется и ухудшается. Поэтому, чтобы проследить за изменениями почвенной структуры, агрегатный анализ необходимо производить периодически, беря время от времени почвенные пробы с одного и того же места исследуемого поля.

Агрегатный анализ почвы

Необходимое оборудование: а) технические весы с разновесками; б) 2 литровых цилиндра с притертой пробкой; в) широкая цилиндрическая ванна; г) плоская ванна для предварительного насыщения почвы водой; д) фарфоровая чашка для взвешивания почвы; е) роговая ложка или совочек для насыпания почвы; ж) фарфоровые чашки большие и малые — по 4 штуки; з) набор сит диаметром в 20 см, с высотой борта в 3 см и диаметром отверстий в 3, 1, 0,5 и 0,25 мм; и) водяная баня; к) промывалки с водой; л) фильтровальная бумага; м) стеклянная палочка.

Техника метода. Для анализа из средней пробы воздушно-сухой почвы отвешивается на технических весах 50 г.

Разделение агрегатов почвы производится в воде при помощи сит.

Необходимо отметить, что при непосредственном погружении сухой почвы в воду почвенные комочки подвергаются сильному разрушению. Причиной является то, что находящиеся в комочках воздушные пузырьки под давлением проникающей в почву воды вырываются наружу и вызывают механическое разрушение агрегатов. Во избежание этого явления почву погружают в воду не сразу, а после предварительного постепенного насыщения ее водою по капиллярам.

Для этого навеску почвы на полчаса помещают на фильтровальную бумагу, концы которой опущены в воду. Такого рода предварительное насыщение почвы водою удобно производить в плоских ваннах, применяемых для

проращивания семян; при этом бумага с почвой располагается на стеклянных пластинках.

Далее, при помощи стеклянной палочки и воды из промывалки почву переносят в литровый цилиндр, наполненный водой, не доходящей до верхнего края на 4—5 см, и оставляют стоять для выхода оставшегося между комочками почвы воздуха. Для полного удаления остатков воздуха, удержавшегося в почве, цилиндр закрывают притертой пробкой или стеклом и, быстро наклонив до горизонтального положения, ставят опять в вертикальное, повторяя эту операцию несколько раз. Через 10 мин., когда весь воздух удалится, цилиндр открывается, доливается водой и вновь закрывается пробкой таким образом, чтобы под ней не осталось ни одного воздушного пузырька. В этом убеждаются, наклоняя цилиндр до горизонтального положения и вновь приводя его в вертикальное.

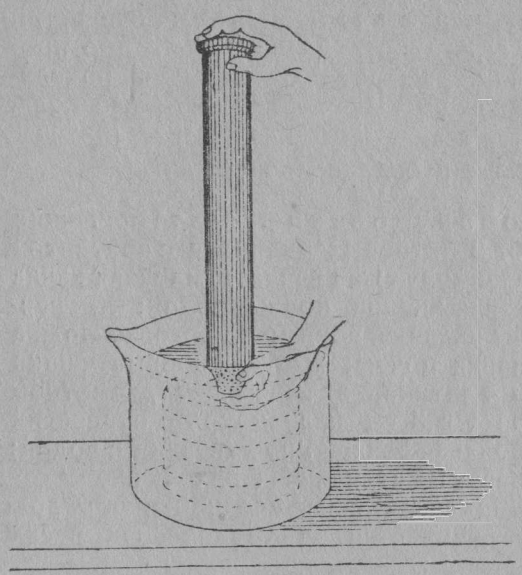


Рис. 8. Перенесение почвы из цилиндра на сита.

После этого закрытый цилиндр быстро переворачивают вверх дном и держат вертикально несколько секунд, пока почва не переместится вниз на пробку. Затем точно таким же образом делается обратное движение. Такая операция обычно повторяется 10 раз. После десяти оборотов цилиндр в закрытом виде быстро опрокидывается над набором сит, поставленных в воду, поверхность которой находится выше борта верхнего сита на 5—6 см (рис. 8). Сита, помещенные в широкой цилиндрической ванне, должны быть расположены таким образом, чтобы вверху находилось сито с отверстиями в 3 мм, а ниже — более мелкие: в 1, 0,5 и 0,25 мм. Горлышко цилиндра погружается в воду. Притертую пробку или стекло, закрывающее цилиндр, быстро отнимают в воде, и масса почвы, проходя весь

слой воды в цилиндре, падает на верхнее сито. Плавными движениями перемещая цилиндр и все время следя, чтобы в него не ворвался воздух, почву равномерно распределяют по поверхности сита. Через минуту, когда все отдельности крупнее 0,25 мм упадут на сито, цилиндр под водой снова закрывают пробкой, вынимают из воды и отставляют в сторону. После этого приступают к просеиванию почвы на ситах.

Для этого колонка сит поднимается кверху до появления краев первого сита в 3 мм над поверхностью воды и отрывисто опускается вниз до дна ванны. Через 2—3 сек. колонка сит снова медленно поднимается вверх, а затем быстро снова опускается вниз. При быстром движении сит комочки почвы, оторванные от опоры, опускаются в воде и просеиваются.

Такого рода операция повторяется 10 раз, после чего два верхних сита с диаметром отверстий в 3 и 1 мм снимают, не вынимая всего набора из воды, а нижние сита встряхивают дополнительно еще 5 раз. Затем вынимают из воды и нижние сита и разъединяют их. Оставшиеся на ситах комочки почвы смывают при помощи промывалки в отдельные большие фарфоровые чашки. По отстаивании из чашек сливают избыток воды, а почвенные комочки переносят в предварительно взвешенные маленькие фарфоровые чашки и высушивают их на водяной бане. Наконец, прикрыв от пыли чашки с почвой, оставляют на сутки в лаборатории для приведения в воздушно-сухое состояние и взвешивают. Этим и заканчивается агрегатный анализ почвы. Далее, определяется процентное содержание структурных комочков различной величины, взвешенных в маленьких фарфоровых чашках. Так как для анализа была взята навеска воздушно-сухой почвы в 50 г, то, помножая найденные веса каждой фракции комочков на 2, получают их процентное содержание в данном образце почвы.

Данные анализа записываются в таблицу по следующей форме:

	Содержание отдельных фракций агрегатов размерами в мм			
	> 3	3—1	1—0,5	0,5—0,25
Вес чашки с воздушно-сухой почвой				
Вес чашки пустой				
Вес почвы				
Процентное содержание отдельных фракций				

В тесной и непосредственной связи с характером механического и структурного состава почв находятся их физические свойства, определяющие водный, воздушный и тепловой режим почв, а вместе с тем, следовательно, и определяющие в известной мере почвенные условия развития и питания растений.

Почва находится в постоянном развитии. В ней непрерывно происходят сложные и многообразные физико-химические и биологические процессы. Поэтому и физические свойства, присущие той или иной почве, не остаются постоянными, а всегда изменяются — как в природных условиях, так и под влиянием агротехнических воздействий.

Физические свойства почв оказывают самое непосредственное влияние на жизнь и развитие растений. Поэтому правильное регулирование физических свойств почв в полеводстве составляет одну из важнейших задач в деле завоевания высокого урожая той или иной сельскохозяйственной культуры.

К важнейшим физическим свойствам почв относятся: удельный вес почвы, удельный вес твердой фазы почвы, порозность, или скважность, водопроницаемость, влагоемкость, капиллярность, тепловые свойства и др.

На лабораторном определении этих свойств мы здесь и остановимся.

Определение удельного веса почвы

Всякая почва, как природное тело, характеризуется определенным удельным весом.

Под удельным весом почвы надо понимать отношение веса какого-либо объема данной почвы к весу такого же объема воды.

Удельный вес почвы зависит от характера слагающих почву минералов, от содержания перегноя и от порозности, или скважности почвы. Обычно удельный вес перегноя не превышает 1,20—1,40, тогда как большинство минералов имеет удельный вес, равный 2,65—3,20 и даже выше. Поэтому чем богаче почва перегноем, тем меньше ее удельный вес, и наоборот.

В этом отношении удельный вес почвы может служить в некоторой степени признаком, указывающим на ее состав. Так, например, для чернозема с 10% гумуса удельный вес равен 2,37, для суглинистой почвы с 3% перегноя удельный вес равен 2,60, а для песчаной почвы, весьма обедненной органическим веществом, удельный вес достигает 2,70.

Ход работы. Определение удельного веса почвы производится весьма простым способом. Для этого необходимо тщательно, не нарушая структуры, вырезать при помощи стального цилиндра (бур Качинского, Геммерлинга—Сабанина, Бурмачевского) из того или иного почвенного слоя определенный объем почвы, например в 10 или 20 куб. см. Взятую почвенную пробу взвесить и полученный вес в граммах разделить на 10 или 20. Полученное при этом число и будет означать объемный удельный вес данной почвы.

Пример. Вес почвы—30 г. Объем почвенного образца—20 куб. см.

Объемный удельный вес равен $\frac{30}{20}=1{,}5$.

От объемного удельного веса почвы необходимо отличать удельный вес твердой фазы почвы. Удельный вес твердых частиц представляет собою удельный вес почвы с нарушенной структурой.

Определение удельного веса твердой фазы почвы

Ход работы. Определение удельного веса твердой фазы почвы производится при помощи пикнометра (рис. 9). Для этого пикнометр, емкостью в 50 куб. см наполняют дестиллированной водой и взвешивают на аналитических весах. Далее, в стеклянном стаканчике также на аналитических весах берется навеска воздушно-сухой почвы около 5 г.

Взятая навеска почвы переносится затем в пикнометр, из которого предварительно удаляют воду. После этого пикнометр снова наполняется точно до метки водой, закрывается притертой пробкой и взвешивается. На основании полученных цифр и вычисляют удельный вес твердой фазы по следующей формуле:

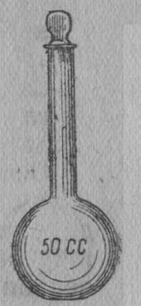


Рис. 9. Пикнометр.

$$d=\frac{P_2}{(P_1+P_2)-P_3},$$

где: d — удельный вес твердой фазы почвы, P_1 — вес пикнометра с водой, P_2 — вес почвы и P_3 — вес пикнометра с водой и почвой.

По данным объемного удельного веса почвы и удель-

ного веса твердой фазы почвы определяется порозность, или скважность почвы.

Определение порозности, или скважности почвы

Механические и структурные элементы, входящие в состав той или иной почвы, прилегают друг к другу не всеми своими плоскостями, а лишь отдельными точками или гранями, вследствие чего сама почва приобретает характер пористого тела, пронизанного во всех направлениях целой системой полостей или скважин.

Общий объем всех пор и промежутков между почвенными частицами в определенном объеме почвы и называется скважностью, или порозностью почвы.

Большое влияние на скважность оказывает, прежде всего, структурное строение почвы: чем структурнее почва, тем больше общая порозность, ибо, помимо промежутков, находящихся между структурными отдельностями, эта почва имеет еще поры, заключенные в самих структурных агрегатах.

По данным многих исследований в этом направлении, доказано, что скважность структурных почв превышает скважность почв бесструктурных примерно в $1^1/_2$ раза. Всякое разрушение структуры, могущее произойти в результате воздействия на почву природных факторов или вследствие плохой обработки почвы, неизбежно ведет за собой уменьшение общей порозности почвы. Кстати будет здесь заметить, что общая скважность у хороших структурных почв колеблется от 55 до 65%, достигая иногда 70% от определенного объема почвы.

Скважность почвы заметно изменяется в зависимости от глубины почвенного слоя: в верхних слоях порозность больше, в нижних — меньше.

Объясняется это отчасти бóльшим содержанием гумуса и лучшей структурой верхних горизонтов, некоторым воздействием на верхние слои почвы корней растений и роющих животных, а также отчасти меньшей плотностью верхних горизонтов почвы в отличие от нижних, испытывающих известное давление вышележащих слоев.

Размеры промежутков или пор, в совокупности своей образующих общую скважность почвы, чрезвычайно варьируют, начиная от тончайших, так называемых капилляров и кончая более крупными, которые свойствами капилляров не обладают. В связи с этим, помимо общей скважности, различают еще капиллярную и некапиллярную скважности почвы.

Во всякой почве могут иметь место оба эти вида скважности, причем в зависимости от механического и структурного состава почвы в одном случае будет преобладать капиллярная, в другом — некапиллярная порозность.

Капиллярная скважность обусловливается, главным образом, наличием в почве мелкоземистых, глинистых частиц, некапиллярная же — крупноземистым составом либо структурным строением почвы. Каждый вид скважности имеет различное значение в почвообразовательных процессах: капиллярная порозность затрудняет свободный доступ воздуха в почву, тормозит продвижение атмосферной влаги из верхних горизонтов почвы в нижние, создает известное сопротивление росту корней растений и т. д., наличие же некапиллярной скважности устраняет эти нежелательные моменты, создавая тем самым благоприятные условия в отношении как почвенных процессов, так и развития растений.

Таким образом, сочетание капиллярной и некапиллярной скважности является наиболее благоприятным условием в отношении воздушного и водного режима, играющих громадную роль в плодородии почвы. Оптимальным же соотношением этих двух видов порозности, как показывают данные опыта, будет такое, когда на долю некапиллярной приходится больше половины общей скважности, т. е. когда некапиллярная скважность преобладает в почве.

Такого рода соотношение капиллярной и некапиллярной скважности может быть достигнуто путем создания хорошей, прочной почвенной структуры и рациональной механической обработкой почвы.

Определение скважности почвы производится на основании данных объемного удельного веса почвы и удельного веса твердой фазы почвы. Если объемный удельный вес почвы, равный, например, 1,5, разделить на удельный вес твердой фазы почвы, равный, примерно, 2,5, то мы узнаем, какую часть объема в 1 куб. см занимают твердые частицы почвы. В данном примере это составит: $1{,}5 : 2{,}5 = 0{,}6$, т. е. твердые частицы занимают 0,6 куб. см, а 0,4 куб. см приходится на почвенную скважность, или пористость. Выразив эту величину в процентах, мы и получаем величину порозности почвы — 40%.

Обычно для вычисления порозности почвы пользуются следующей формулой:

$$P = (1 - \frac{d_1}{d_2}) \cdot 100,$$

где: P — порозность, d_1 — объемный удельный вес почвы и d_2 — удельный вес твердой фазы почвы.

V ВОДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Значение воды в почве огромно: вода является не только сильнейшим фактором выветривания горных пород и важнейшим условием биохимических процессов почвообразовния, но и необходимым условием питания и развития растений.

Отсутствие или недостаток влаги в почве в такой же степени гибельно отражается на состоянии культурных растений, как и недостаток зольных элементов пищи и азота. Поэтому создание благоприятного водного режима в почве составляет одну из важнейших задач агротехники. Отмечая огромную роль влаги в развитии культурных растений, необходимо тут же подчеркнуть, что различные почвы по-разному относятся к воде. одни из них хорошо впитывают и хорошо удерживают в себе почву, другие быстро впитывают, но неспособны длительно удерживать ее в себе, третьи и плохо усваивают и скоро теряют влагу. Таким образом, судьба и значение одного и того же количества воды, попавшей в разные почвы, в каждом конкретном случае будут различными.

Совокупность признаков, характеризующих отношение почвы к воде, и составляет водные свойства почвы.

Главнейшими из водных свойств почвы являются следующие: влагоемкость, водопроницаемость, водоподъемная способность, или капиллярность и испаряющая способность почвы.

На лабораторном определении этих свойств почвы мы здесь и остановимся.

Определение влажности почвы

Естественная почва, взятая в поле, всегда содержит в себе определенное количество воды. Влажность почвы подвержена значительным колебаниям в зависимости от времени года, количества выпадающих осадков, структурности почвы и других факторов. Наличие влаги в почве является необходимым условием развития растений; поэтому определение влажности представляет собою весьма существенный момент в характеристике состояния почвы.

Ход работы. Для определения влажности в поле с нужной глубины во взвешенный сушильный стаканчик берется приблизительная навеска почвы (10—15 г) и затем

в лаборатории взвешивается на технических весах с точностью до 0,01 г. Затем стаканчик с открытой крышкой ставится в сушильный шкаф и сушится при 100—105°С до постоянного веса. В практике принято достаточным непрерывную сушку производить в течение 6 час. После высушивания, вынув стаканчик из сушильного шкафа и закрыв его крышкой, помещают его для охлаждения в эксикатор.

Все результаты взвешиваний и расчетов должны записываться в процессе работы по следующей примерной форме:

Почва	Номер стаканчика	Вес пустого стаканчика	Вес стаканчика с сырой почвой	Навеска сырой почвы	Вес стаканчика с почвой после высушивания	Потеря от высушивания	Вес абсолютно-сухой почвы	Процент влаги
Почва № 7. Слой 2—15 см . . .	135	26,15	41,25	15,10	39,20	2,05	13,05	15,70

Влажность почвы выражается в процентах не к навеске сырой почвы, а к весу абсолютно-сухой почвы. Так, согласно примерным данным, приведенным выше в нашей таблице, процент влажности почвы составит:

$$13{,}05 : 2{,}05 = 100 : x,$$

откуда

$$x = \frac{2{,}05 \cdot 100}{13{,}05} = 15{,}70\%.$$

Обычно для вычисления влажности почвы пользуются следующей формулой:

$$100 \cdot \frac{B - C}{C - A},$$

где: A — вес пустого сушильного стаканчика, B — вес стаканчика с сырой почвой и C — вес стаканчика с почвой после высушивания.

Определение гигроскопичности почвы

Гигроскопичностью почвы называется способность почвы поглощать из атмосферы парообразную влагу.

Всякая сухая наощупь почва содержит в себе определенное количество гигроскопической влаги. В этом легко убедиться, если взять навеску этой почвы и осторожно высушить ее при температуре 105°. Уменьшение веса почвы после ее высушивания и будет количественным выражением гигроскопической влаги в данной почве.

Гигроскопичность почвы целиком зависит от характера механического состава почвы и количества содержащегося в ней перегноя. Чем мелкоземистее почва, чем более богата она глинистыми и коллоидальными частицами и перегноем, тем выше гигроскопичность, тем больше количество парообразной влаги поглотит такая почва из воздуха. Наоборот, почвы грубого механического состава и бедные органическими веществами обладают малой гигроскопичностью.

Гигроскопичность почвы является величиной, которая в известной степени может характеризовать механический состав почвы, а именно: чем меньше гигроскопичность той или иной почвы, тем грубее она будет по механическому составу, и, наоборот, большая гигроскопичность указывает на наличие в почве мельчайших частиц.

Необходимо далее отметить, что гигроскопичность почвы не остается постоянной. Она в значительной степени изменяется в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха. При большой влажности воздуха одна и та же почва способна поглотить большее количество паров; при сухом воздухе та же почва содержит меньшее количество гигроскопической влаги. И далее, чем выше температура воздуха при одной и той же относительной влажности, тем меньше будет содержание гигроскопической воды в почве.

Величина гигроскопичности почвы определяется количеством гигроскопической влаги, содержащейся в воздушно-сухой почве.

Ход работы. Определение гигроскопической влаги в почве производится следующим образом.

Из средней пробы воздушно-сухой почвы берется навеска в количестве 4—5 г в предварительно взвешенный сушильный стаканчик. Стаканчик с почвой взвешивается на аналитических весах и затем ставится в сушильный шкаф при температуре 100—105° на 6 час. После этого

стаканчик закрывается крышкой, вынимается из шкафа и помещается для охлаждения на 30 мин. в эксикатор.

По охлаждении в эксикаторе стаканчик с высушенной почвой взвешивается, и убыль в весе вычисляется в процентах по отношению к абсолютно-сухой почве.

Если вес пустого сушильного стаканчика выразить A, вес стаканчика с воздушно-сухой почвой — B и вес стаканчика с почвой после высушивания — C, то гигроскопичность данной почвы будет равна $100 \cdot \frac{B-C}{C-A}$ процентам от веса сухой почвы.

Влагоемкость почвы

Под влагоемкостью почвы разумеется способность почвы вмещать и удерживать в себе то или иное количество воды.

Различают два вида влагоемкости: полную и капиллярную.

Полной влагоемкостью характеризуется такое состояние влажности почвы, когда все поры последней полностью насыщены водой.

Под капиллярной влагоемкостью разумеется такое состояние почвы, когда заполненными водою являются лишь капиллярные ее промежутки.

Величина влагоемкости любой почвы зависит, главным образом, от механического ее состава и количества перегнойных веществ: чем мелкоземистее почва, чем больше содержится в ней органических веществ, тем выше влагоемкость. Так, к примеру, влагоемкость почв глинистых и суглинистых выше, чем почв супесчаных и песчаных. При одном и том же механическом составе почвы более богатые перегноем обладают и большей влагоемкостью.

Полная влагоемкость, как правило, всегда больше капиллярной влагоемкости.

Определение полной влагоемкости почвы

Ход работы. Для определения полной влагоемкости пользуются обычно небольшим металлическим цилиндром с сетчатым дном, высотой около 20 см и диаметром 4—5 см (рис. 10). Для этого необходимо: 1) взвесить на технических весах сухой цилиндр, положив предварительно на его дно кружок смоченной фильтровальной бумаги; 2) наполнить цилиндр приблизительно на $^3/_4$ его объема воздушно-сухой почвой; 3) взвесить цилиндр с почвой на технических весах и узнать вес почвы.

Далее, погрузить цилиндр с почвой в сосуд с водой и довести уровень воды в сосуде до уровня почвы в цилиндре.

Когда вся почва в цилиндре пропитается водой, цилиндр вынимают из сосуда, дают стечь излишней воде и снова взвешивают. Количество поглощенной почвой воды, выраженное в процентах по отношению к навеске почвы, и является показателем полной влагоемкости почвы. Для вычисления влагоемкости пользуются следующей формулой:



Рис. 10. Цинковый цилиндр.

$$A = \frac{100\,(c-b)}{(b-a)}\,\%,$$

где: A — полная влагоемкость почвы; a — вес порожнего цилиндра, b — вес цилиндра с почвой до погружения его в воду, c — вес цилиндра с почвой после погружения в воду.

Определение капиллярной влагоемкости почвы

Таким же способом и по такой же формуле определяется и капиллярная влагоемкость почвы, с той лишь разницей, что цилиндр с почвой ставится в данном случае не в сосуд с водой, а на фильтровальную бумагу, смачиваемую водой. Вода, соприкасаясь с почвой, постепенно поднимается по капиллярам почвы вверх и заполняет их. Очевидно, что имеющиеся в почве некапиллярные промежутки не будут здесь заполнены водой. В этом и заключается разница между полной и капиллярной влагоемкостью почвы.

Определение водопроницаемости почвы

Водопроницаемостью почвы называется способность почвы так или иначе быстро проводить воду из верхних ее горизонтов в нижние.

Водопроницаемость почвы главным образом зависит от механического ее состава, наличия перегнойных веществ и структурности почв: чем мелкоземистее почва, чем больше содержится в ней глинистых частиц и чем мельче, следовательно, имеющиеся в ней поры, тем слабее водопроницаемость, и, наоборот, чем крупнее механический состав почвы, тем легче и быстрее она пропускает воду.

Наилучшей фильтрующей способностью обладают песчаные почвы, наихудшей — глинистые. У глинистых почв, отличающихся чрезвычайно мелкой пористостью, просачивание воды настолько затруднено, что скорость фильтрации может равняться нулю, т. е. почва практически непроницаема для воды. Вот почему в областях с влажным климатом заболачивание присуще, главным образом, связным суглинистым и глинистым почвам и редко — почвам песчаным.

Большое влияние на скорость фильтрации оказывает структурность почвы: водопроницаемость почв структурных лучше, чем бесструктурных почв.

Почвы бесструктурные, обладающие в силу мелкоземистого механического состава плохой водопроницаемостью, заметно улучшают фильтрационную способность в случае создания структуры: образовавшиеся при этом структурные агрегаты создают целую сеть различной величины скважин, которые и облегчают продвижение воды в почве. Таким образом, мероприятия по улучшению качества тяжелых связных почв в районах, обильных осадками, должны быть направлены одновременно и на создание почвенной структуры.

Всякое распыление структуры почвы неизбежно влечет за собой ухудшение водопроницаемости: образующиеся при разрушении агрегатов мельчайшие частицы заполняют крупные промежутки в почве, тем самым создавая затруднение для продвижения влаги.

Наконец, большое значение в вопросе водопроницаемости имеет степень уплотненности почвы: чем рыхлее почва, тем лучше она пропускает воду, и, наоборот, по мере уплотнения почвы ухудшается ее водопроницаемость.

Водопроницаемость почвы определяется или временем, за которое вода проходит через определенный слой почвы, или количеством воды, просачивающейся через данный слой почвы в единицу времени.

Ход работы. Определение водопроницаемости производится следующим простым способом. Берется стеклянная трубка высотой 25—30 см и диаметром 3—4 см, подвязывается кусочком полотна и наполняется почвой до высоты 20 см (рис. 11). Трубка с почвой помещается в штативе на воронку. Под воронку подставляется мерный цилиндр. Замечается время и наливается осторожно на почву слой воды в 4 см; этот уровень воды поддерживается в трубке до появления первой капли из нижнего конца трубки. Время, за которое проходит вода через слой почвы в 20 см, и служит показателем водопроницаемости для данной почвы.

Для определения количества воды, просачивающейся через данный слой почвы в единицу времени, воду вновь подливают в трубку и поддерживают ее на постоянном

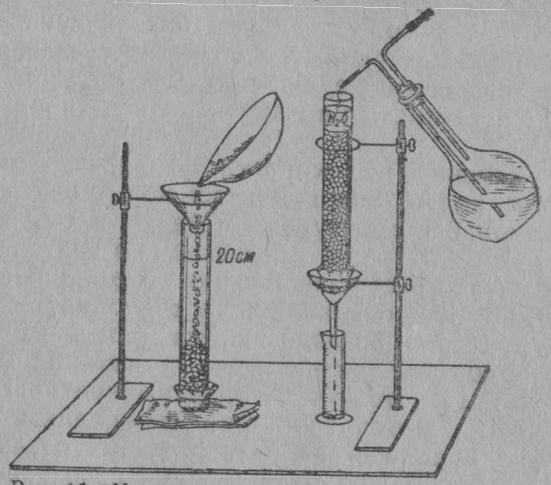


Рис. 11. Установка для определения водопроницаемости почв.

уровне до конца опыта. Просачивающаяся вода собирается в мерный цилиндр.

На протяжении всей работы через каждые полчаса ведется измерение и запись просачивающейся воды. Результаты опыта записываются в таблицу по следующей примерной форме:

Название почвы	Время появления первой капли	Количество просачивающ. воды за			
		30 мин.	1 час	$1\frac{1}{2}$ часа	2 часа

Определение водоподъемной способности, или капиллярности почвы

Водоподъемной способностью, или капиллярностью почвы называется способность почвы поднимать по своим

капиллярным промежуткам воду из нижних горизонтов в верхние.

Это свойство почвы имеет большое агрономическое значение. В летнее время, особенно в периоды бездождья, когда растения энергично испаряют влагу, очень важно, чтобы из нижних горизонтов почвы в верхние беспрерывно поступала влага. Такого рода приток влаги из нижних горизонтов почвы в верхние и имеет место в действительности в силу капиллярности почвы.

Явления капиллярности почвы подчинены известным законам физики. Высота и скорость поднятия воды в капиллярных трубках зависит от диаметра сосуда: чем меньше диаметр, тем выше поднятие, и, наоборот, чем крупнее диаметр, тем ниже поднятие, хотя и с большей скоростью оно совершается.

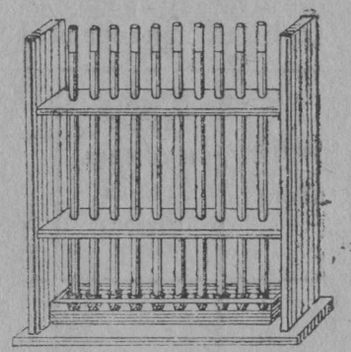


Рис. 12. Трубки для определения водоподъемной способности почв.

Всякая почва, представляя собой пористое тело, пронизанное во всех направлениях различного рода скважинами, имеет в себе и капиллярные промежутки. Размеры же последних целиком зависят от механического состава почвы.

Таким образом, явления капиллярности в почве зависят, главным образом, от механического состава почвы: чем мелкоземистее почва, тем сильнее выражена капиллярность, тем выше почва способна поднимать влагу снизу вверх.

Помимо механического состава, существенное влияние на водоподъемность почвы оказывает и ее структурный состав: почва с разрушенной, распыленной структурой обладает лучшей капиллярной способностью, чем почва структурная.

Большое значение в этом отношении имеет уплотненность почвы: чем больше уплотнена почва, тем сильнее в ней проявляются капиллярные свойства, тем выше может подниматься в ней влага.

На этом основан агротехнический прием укатывания почв: при уплотнении почвы катком структурные агрегаты нарушаются, распыляются, количество капиллярных ходов увеличивается за счет уменьшения некапиллярных промежутков, а вместе с тем, следовательно, повышается и водоподъемность почвы.

Что касается методов исследования поднятия воды в почве, то они крайне просты. Наиболее распространенный из них заключается в следующем.

Ход работы. Высокая стеклянная трубка, диаметром около 2—3 см, подвязывается снизу полотном и наполняется почвою почти доверху (рис. 12). Наполненная почвой трубка укрепляется в штативе таким образом, чтобы нижний ее конец соприкасался с водой, и замечается время. В дальнейшем путем наблюдения устанавливается скорость и высота поднятия воды по почвенным капиллярам в трубке. Максимальная высота, которой достигнет вода в трубке за тот или иной период времени, и будет характеризовать капиллярную способность данной почвы.

Результаты наблюдения записываются в таблицу по следующей примерной форме:

Название почвы	Горизонт и глубина взятия образца	Высота поднятия воды в см через						Максим. высота поднятия в см через . . . час.
		10 мин.	20 мин.	30 мин.	1 час	2 часа	24 часа	

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ В ПОЧВЕ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ И ПОТЕРИ ОТ ПРОКАЛИВАНИЯ

Всякая почва состоит из двух главных составных частей: из минеральных и органических веществ. Роль органического вещества в плодородии почвы весьма велика. Органическая часть почвы, являясь основным источником питательных веществ для растений, имеет в то же время огромное значение как косвенный фактор, обусловливающий собою благоприятные физические и биохимические свойства почвы. Совершенно очевидно, что знание содержания органического вещества в почве является весьма существенным моментом при агропроизводственной характеристике почвы.

Отделение органических веществ от минеральных в лабораторной практике производится путем прокаливания почвы.

При прокаливании почвы происходит потеря в весе за счет сгорания ограничесих веществ и улетучивания гигроскопической и химически связанной воды, которая полностью удаляется лишь при высокой температуре; кроме того, при прокаливании почвы неизбежна потеря хлоридов и углекислоты карбонатов. Поэтому методом прокаливания получаются данные, которые указывают лишь на относительное содержание в почве органической и минеральной частей.

В случае содержания в почве углекислых солей кальция и магния и хлористых соединений, сжигание почвы следует производить при умеренном прокаливании — не выше 600°, доводя почву в тигле лишь до темнокрасного каления. Этим самым будет устранена потеря хлоридов и карбонатов кальция, которые разлагаются при более высокой температуре. Что же касается углекислого магния, который разлагается уже при 200°, то потеря его не устраняется и при этом способе прокаливания почвы.

Ход работы. Определение в почве минеральной части и потери от прокаливания производится следующим образом.

В предварительно прокаленный и взвешенный фарфоровый тигель берется навеска около 5 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с отверстиями в 0,25 мм. Тигель с почвой помещается в муфельную печь или на штатив над горелкой и прокаливается. При сжигании время от времени почва помешивается платиновым шпателем или проволокой. Прокаливание ведется осторожно, с постепенным повышением температуры в муфеле или на горелке. Прокаливание ведется до полного сгорания органического вещества, что узнается по изменению окраски почвы, получающей светлый или красный оттенок.

Затем тигель вынимается из муфеля, охлаждается в эксикаторе и взвешивается на аналитических весах. Для контроля тигель с почвой вторично прокаливается в течение 25—30 мин. и вновь охлаждается и взвешивается. Так как прокаленная почва сильно поглощает влагу из воздуха, то взвешивание должно производиться как можно быстрее.

Далее, вычисляется потеря от прокаливания в процентах.

Приведем в качестве примера ход вычисления.

Вес тигля с почвой	26,487 г
„ „ без почвы	21,352 „
Вес почвы	5,135 г
1-е взвешивание тигля с прокаленной почвой	25,706
2-е „ „ „ „ „	25,703

Потеря в весе почвы от прокаливания:

$$26{,}487 - 25{,}703 = 0{,}784.$$

5,135 г почвы потеряли в весе	0,784 г
100 „ „ потеряют „ „	x

$$x = \frac{0{,}784 \cdot 100}{5{,}135} = 15{,}27\%.$$

Количество минеральных веществ: $100\% - 15{,}27\% = 84{,}73\%$.

Для перечисления на абсолютно-сухую почву необходимо потерю от прокаливания умножить на коэффициент:

$$K = \frac{100}{100 - A},$$

где A — процентное содержание гигроскопической воды в почве. Тогда потеря от прокаливания составит:

$$15{,}27 \cdot \frac{100}{100 - A}.$$

Отняв полученное число от 100%, мы найдем процентное содержание минеральной части в абсолютно-сухой почве.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГУМУСА В ПОЧВЕ ПО КНОПУ

Гумус, или перегной является важнейшей составной частью почвы. Гумус представляет собой основной источник образования азотной и зольной пищи для растений; с гумусом теснейшим образом связано структурное состояние почвы и благоприятные физические и биохимические свойства почвы, обусловливающие собою почвенное плодородие. Поэтому определение содержания перегноя в почве является существенным моментом при характеристике почвы.

Необходимо, однако, отметить, что химическая природа и свойства перегнойных соединений еще мало изучены. Известно лишь, что гумус представляет собою чрезвычайно сложный комплекс различных органических и органо-минеральных соединений.

В различных почвенных типах содержатся различные количества перегноя. Так, например, в черноземах содержится 8—15%, достигая в отдельных случаях 18 и даже 20%; в подзолистых почвах количество перегноя обычно не превышает 3—5%; в сероземах — 1% и т. д.

Кроме того, как установлено теперь исследованиями, состав и свойства гумуса различных типов почв также неодинаковы.

Элементарный состав почвенного гумуса выражается в среднем следующими цифрами: углерода — около 58%, кислорода — около 28%, водорода — около 5%, азота — около 3% и минеральных веществ — около 6%.

В почве очень трудно отделить перегной от минеральной части почвы и от неразложившихся еще, но мелкораздробленных органических остатков; поэтому непосредственно определять содержание перегноя в почве пока не представляется возможным.

Существующие методы определения содержания в почве гумуса основаны на определении углекислоты, образующейся при окислении углерода органического вещества почвы. По количеству этой углекислоты вычисляют количе-

ство гумуса; для этого найденное количество углекислоты умножают на коэффициент 0,471, условно допуская, что среднее содержание углерода в гумусе равно 58%.[1]

Этими методами может быть точно определено лишь содержание в почве углерода. Вычисленное же по углероду содержание гумуса представляет величину только приблизительную, тем сильнее отклоняющуюся от истинного содержания гумуса, чем более элементарный состав органического вещества данной почвы отличается от того среднего состава, на основании которого дан коэффициент 0,471.

Из многих существующих методов определения гумуса в почве мы ниже опишем метод Кнопа, получивший наиболее широкое распространение в лабораторной практике.

Сущность метода. Сущность данного метода заключается в том, что углерод гумуса окисляется кислородом хромового ангидрида в присутствии серной кислоты, превращаясь в углекислый газ. Процесс окисления углерода гумуса может быть представлен в виде следующего уравнения:

$$4CrO_3 + 6H_2SO_4 = 2Cr_2(SO_4)_3 + 3O_2 + 6H_2O.$$

$$3C(\text{гумуса}) + 3O_2 = 3CO_2.$$

Образующийся при этом углекислый газ поглощается щелочью в особых поглотительных трубочках и взвешивается.

Далее, найденное количество углекислого газа путем умножения на условный коэффициент 0,471 перечисляется на гумус.

Необходимое оборудование: а) прибор Кнопа; б) аналитические весы с разновесками; в) пробирки для взвешивания почвы; г) мензурка емкостью 50 куб. см.

Реактивы: а) крепкая серная кислота (уд. вес 1,84); б) 50% раствор хромового ангидрида.

Прибор Кнопа состоит из следующих последовательно соединенных друг с другом частей (рис. 13).

Широкогорлая колбочка, емкостью 250—300 куб. см, в которой производится окисление органического вещества

[1] Коэффициент 0,471 установлен следующим образом:

58 весовых частей С соответствуют 100 весовым частям гумуса;

1 весовая часть С соответствует $^{100}/_{58} = 1{,}724$ весовой части гумуса;

44 весовые части CO_2 содержат 12 весовых частей С;

1 весовая часть CO_2 содержит $^{12}/_{44} = {}^{3}/_{11}$ весовой части С.

Отсюда 1 весовая часть CO_2 соответствует $1{,}724 \times {}^{3}/_{11} = 0{,}471$ весовой части гумуса.

почвы, плотно закрывается каучуковой пробкой с двумя отверстиями. В одно из них вставляется делительная воронка с краном, через которую приливаются в колбочку серная кислота и хромовый ангидрид; воронка далее соединена со склянкой Дрекслера или Тищенко, наполненной крепким раствором KOH для очищения поступающего в прибор воздуха от углекислого газа. Через другое отверстие пропускается нижний конец небольшого холодильника, в котором происходит сгущение паров воды, выделяющихся при нагревании содержимого колбы.

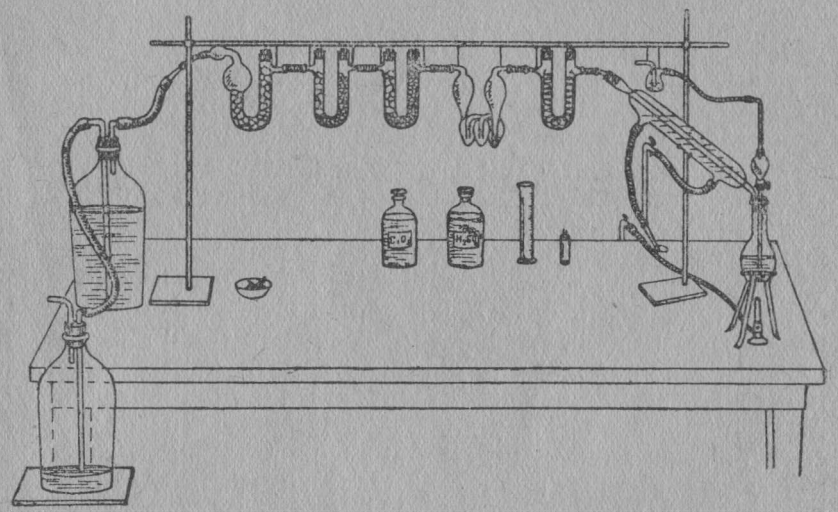


Рис. 13. Прибор Кнопа для определения гумуса.

Холодильник соединяется при помощи стеклянной и резиновой трубочек с U-образной трубкой, в которую помещается согнутая спиралью тонкая и чистая железная проволока для задержания паров хлористого водорода, могущего образоваться при действии серной кислоты на хлориды.

С U-образной трубкой соединяется калиаппарат с крепкой серной кислотой для поглощения парообразной влаги, которая не успела сгуститься в жидкость в холодильнике.

После калиаппарата помещается U-образная трубочка с кусочками пемзы, пропитанными раствором медного купороса, а затем нагретыми до его обезвоживания, для поглощения выделяющегося иногда сероводорода.

Для поглощения углекислоты далее помещаются две U-образные поглотительные трубки, наполненные на $^{2}/_{3}$

объема натронной известью и на $^1/_3$ обезвоженным хлористым кальцием, таким образом, чтобы те части трубочек, в которых находится натронная известь, были обращены в сторону колбы, в которой происходит сжигание органического вещества почвы.

Выделяющийся углекислый газ улавливается натронной известью по следующей схеме:

$$Ca(OH)_2 \cdot 2NaOH + 2CO_2 = CaCO_3 + Na_2CO_3 + 2H_2O.$$

Образующаяся при этом процессе вода улавливается хлористым кальцием:

$$CaCl_2 + 2H_2O = CaCl_2 \cdot 2H_2O.$$

Вторая из этих двух трубок является контрольной на тот случай, если бы часть CO_2 не была поглощена в первой трубке.

После поглотительных трубочек присоединяется еще колонка с едким калием для предохранения поглотительных трубок от проникновения в них водяных паров и углекислоты внешнего воздуха.

Наконец, с колонкой соединяется последняя часть прибора — аспиратор, служащий для протягивания воздуха через весь прибор. Аспиратор состоит из двух бутылей, снабженных пробками с двумя отверстиями, в которые вставляются две стеклянные трубки: одна короткая, другая длинная, доходящая до дна бутыли. Длинные трубки соединяются между собою каучуковой трубкой, зажатой микрометрическим зажимом. Одна бутыль наполняется водой и ставится выше, другая — ниже. Если открыть зажим и втянуть в трубку воду ртом, то, в силу действия сифона, вода будет переливаться из верхней бутыли в нижнюю; в верхней бутыли при этом происходит разрежение воздуха, и аспиратор начинает протягивать воздух через весь аппарат. Переставляя поочередно опустевшую бутыль вниз, а наполненную водой нижнюю бутыль наверх, можно без перерыва получать равномерное действие аспиратора. В „нерабочее“ время аспиратор необходимо отъединять от аппарата при помощи зажима. Поглотительные трубки лучше всего хранить в эксикаторе.

Ход работы. Из воздушно-сухой почвы (см. стр. 28), просеянной через сито с отверстиями в 0,25 мм, берется в пробирку около 2—5 г (в зависимости от содержания гумуса в почве) и взвешивается на аналитических весах. Навеска почвы осторожно пересыпается в колбу, так чтобы на стенках колбы не оставить почвенных частичек. Для этого следует колбу наклонить, ввести в нее пробирку и высыпать почву внутрь колбы, пробирку с приставшей к ее стенкам пылью снова взвесить и по разности весов узнать точную навеску.

Чем богаче почва гумусом, тем меньшую навеску следует брать, и наоборот.

Проверить исправность прибора Кнопа, для чего пустить в действие аспиратор. Если через калиаппарат и промывную склянку пойдут пузырьки воздуха, значит прибор в порядке.

Облить навеску почвы 20 куб. см дестиллированной воды и 30 куб. см крепкой серной кислоты и содержимое колбы осторожно взболтать для удаления углекислоты почвенных карбонатов. Если в почве содержатся карбонаты и бикарбонаты, то при взаимодействии с серной кислотой они будут выделять углекислоту согласно следующему уравнению:

$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2.$$

$$Ca(HCO_3)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O + 2CO_2.$$

Выделяющаяся при этом углекислота должна быть полностью удалена до обработки почвы хромовым ангидридом, иначе результаты определения гумуса будут искаженными.

Далее, присоединяют колбу к холодильнику, пускают в ход аспиратор и протягивают в течение 30 мин. через прибор (без поглотительных трубок) воздух для удаления из прибора углекислоты.

Во время протягивания воздуха через аппарат взвесить поглотительные трубки, сняв с них предохранители. После этого удаляют аспиратор, присоединяют к прибору поглотительные трубки и пускают в холодильник воду.

Закрыв кран делительной воронки, наливают в нее 10 куб. см концентрированной серной кислоты и осторожно по каплям спускают ее через кран воронки в колбу. Затем, снова закрыв кран воронки, приливают в нее 20 куб. см 50% раствора хромового ангидрида, который также постепенно переливают в колбу. Необходимо при этом, чтобы конец трубки воронки был погружен в жидкость колбы.

Реакция окисления в случае содержания в почве большого количества органического вещества идет быстро и бурно. В таких случаях приливание хромового ангидрида надо производить постепенно, небольшими порциями. О быстроте реакции судят по быстроте выделения пузырьков газа в калиаппарате. Нормальным считается такое вы-

деление углекислоты, чтобы можно было в калиаппарате считать пузырьки.

Далее, как только заметная реакция окисления прекратится, т. е. когда через калиаппарат уже не будут проходить пузырьки газа, жидкость в колбе постепенно подогревают до кипения и кипятят около 15 мин., наблюдая за тем, чтобы быстрота выделения пузырьков не возрастала. Когда выделение пузырьков газа прекратится, тогда осторожно открывают кран капельной воронки, присоединяют аспиратор, прекращают подогревание и постепенно протягивают аспиратором воздух через весь прибор для того, чтобы собрать всю образовавшуюся углекислоту в поглотительные трубочки. Для этого достаточно пропустить через прибор 2—3 л воздуха. Затем снимают обе поглотительные трубки, закрывают их предохранителями, охлаждают в эксикаторе минут 10 и взвешивают порознь без предохранителей.

Прибавка в весе поглотительных трубок дает количество поглощенного CO_2.

По найденному количеству углекислого газа вычисляется процентное содержание гумуса в почве по формуле:

$$\frac{a \cdot 0{,}471 \cdot 100}{n},$$

где: a — вес поглощенного CO_2, n — взятая навеска почвы, 0,471 — коэффициент пересчета CO_2 в гумус.

Чтобы определить содержание углерода в почве, надо только вместо коэффициента 0,471 подставить в эту формулу 0,273 (1 весовая часть CO_2 содержит $^{12}/_{44} = 0{,}273$ весовой части С).

Для пересчета результатов на абсолютно-сухую почву нужно полученный процент гумуса умножить на коэффициент K, равный

$$\frac{100}{100 - A},$$

где A — процентное содержание гигроскопической воды в почве.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ В ПОЧВЕ ОБЩЕГО АЗОТА ПО КЬЕЛЬДАЛЮ

Азот находится в почве в разнообразных соединениях, но, главным образом, в виде органических веществ.

Общее количество азота в почве находится в прямой зависимости от содержания в ней перегноя: чем богаче

почва перегноем, тем выше процент содержащегося в ней азота. Так, например, в черноземных почвах, богатых гумусом, количество азота достигает 0,5 — 0,6%, в подзолистых же почвах общее содержание азота снижается до 0,1%, а нередко и ниже.

Азот органических соединений является главным источником, из которого образуются минеральные формы азотных соединений, служащих прямой и непосредственной пищей для растений.

Азот является важнейшим элементом питания растений, он входит в состав белков, поэтому развитие растений без азота совершенно немыслимо.

Почвенный азот представляет собою запасный фонд азотистого питания растений, а потому учет этого элемента в почве является необходимым и весьма существенным моментом при каждом исследовании почв.

Сущность метода. Метод Кьельдаля основан на том, что при нагревании органического азотсодержащего вещества с крепкой серной кислотой весь азот его переходит в аммиачную форму. При этом углерод органического вещества превращается в углекислоту, водород — в воду, а азот — в аммиак.

Реакцию окисления органического вещества серной кислотой схематически можно представить в виде следующего уравнения:

$$NH_2 - CH_2 - COOH + 3H_2SO_4 = 2CO_2 + 4H_2O + NH_3 + 3SO_2.$$

Получающийся при этом аммиак, реагируя с серной кислотой, образует сернокислый аммоний:

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4.$$

Далее, путем кипячения раствора сернокислого аммония с избытком щелочи выделяют аммиак для количественного его определения.

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH = 2NH_4OH + Na_2SO_4.$$

При кипячении $2NH_4OH$ распадается на $2NH_3 + 2H_2O$.

Выделяющийся при этом аммиак отгоняют в титрованный раствор серной кислоты, где аммиак снова превращается в сернокислый аммоний. Избыток свободной H_2SO_4 обратно оттитровывают раствором КОН с индикатором метилоранж или метилрот и по количеству связанной аммиаком H_2SO_4 вычисляют содержание общего азота в почве.

Необходимое оборудование: а) прибор Кьельдаля; б) аналитические весы с разновесками; в) пробирка

для взвешивания почвы; г) установка для титрования; д) мерные цилиндры емкостью в 25 и 100 куб. см.

Реактивы: а) крепкая серная кислота (уд. вес 1,84); б) металлическая ртуть; в) кристаллический сернокислый калий; г) крепкий раствор щелочи; д) цинковая пыль; е) 0,1-нормальный раствор серной кислоты и едкого натра; ж) раствор метилоранжа.

Прибор Кьельдаля для определения азота (рис. 14) состоит из следующих частей: а) из круглодонной колбы емкостью в 800 куб. см; б) из перегонного аппарата, состоящего из холодильника и дестилляционных трубок, и в) из приемника (колба Эрленмейера).

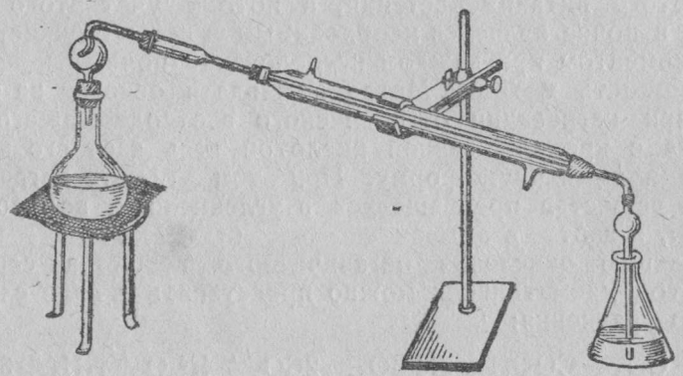


Рис. 14. Прибор Кьельдаля для определения азота.

В практике нередко применяются аппараты Кьельдаля где можно одновременно вести несколько анализов (рис. 15).

Ход работы. Почва для определения азота подготавливается так же, как и для определения гумуса. Для этого из средней пробы почвы, просеянной через сито с отверстиями в 0,25 мм, берется навеска в длинной пробирке — 5—20 г. Пробирка вводится в колбу Кьельдаля и почву осторожно всыпают, стараясь не оставлять ее на стенках колбы. Затем пробирка снова взвешивается и по разности определяется точная навеска почвы.

В колбу приливают 25 куб. см концентрированной серной кислоты, так чтобы она смыла приставшие на стенках колбы частицы почвы. Для ускорения окисления прибавляют в колбу 2—3 капли металлической ртути и содержимое колбы осторожно побалтывают, так чтобы на

стенках колбы не оставались частицы почвы. Затем колба оставляется на 2—3 часа в теплом месте. Далее, колба помещается в вытяжной шкаф и нагревается горелкой осторожно, чтобы пенящаяся жидкость не поднималась по шейке колбы.

Когда вспучивание жидкости прекратится, в колбу прибавляют для ускорения реакции 15 г кристаллического сернокислого калия и жидкость в колбе кипятят до тех пор, пока она не обесцветится. Обесцвечивание жидкости в колбе служит указанием на конец реакции и на превращение азота органического вещества в аммиачную соль серной кислоты.

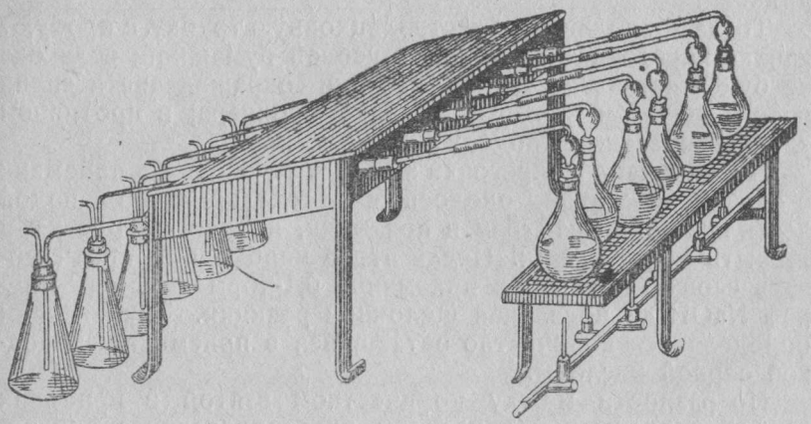


Рис. 15. Прибор Кьельдаля для перегонки.

Затем нагревание прекращают, дают колбе минут 10 остыть и приливают в нее до половины объема дестиллированной воды, все время побалтывая жидкость в колбе.

Помещают колбу на штативе прибора Кьельдаля для перегонки аммиака.

Наливают в приемник (колба Эрленмейера) при помощи бюретки 25 куб. см 0,1-нормального раствора серной кислоты для улавливания аммиака, прибавляют в нее 2—3 капли раствора лакмоида или метилоранжа в качестве индикатора и подставляют приемник под дестилляционную трубку, так чтобы ее конец погрузился в серную кислоту.

Когда будет заметна перегонка водяных паров, конец дестилляционной трубки может и не находиться в жидкости.

Далее, в остывшую колбу Кьельдаля приливают осторожно по стенке 80 куб. см 50% раствора NaOH для вытеснения аммиака из сернокислого аммония и тотчас же прибавляют в колбу на кончике ножа около 1 г цинковой пыли.

Затем закрывают колбу плотно каучуковой пробкой, соединяющей ее с холодильником, и начинают ее подогревать. Кипятят до тех пор, пока не перегонится около $^2/_3$ объема жидкости. Подогревание вести осторожно, чтобы кипячение шло равномерно и чтобы отогнанная в приемник жидкость не втягивалась обратно в холодильник.

Тогда приподнимают дестилляционную трубку и пробуют каплю перегона красной лакмусовой бумажкой; если она не будет давать щелочной реакции (окрашивание в синий цвет), значит перегонка аммиака окончена; в противном случае перегонку продолжают.

По окончании перегонки аммиака надо отнять приемник с серной кислотой, ополоснув дестиллированной водой дестилляционную трубку в приемник, потушить горелку и закрыть холодильник. После этого необходимо протитровать серную кислоту в приемнике 0,1-нормальным раствором NaOH до появления щелочной реакции. Титрованием определяется количество оставшейся в приемнике свободной серной кислоты.

По разности между количеством взятой в приемник серной кислоты и количеством израсходованного при титровании NaOH определяют количество серной кислоты, связанной с аммиаком. Для пересчета на азот необходимо найденное количество серной кислоты, связанной с аммиаком, умножить на 0,0014 (1 куб. см 0,1-нормальной серной кислоты соответствует 1 куб. см 0,1-нормального раствора азота, т. е. 0,0014 г азота, ибо в литре 0,1-нормального раствора азота содержится $^{14}/_{10} = 1{,}4$ г азота, а в 1 куб. см $1{,}4 : 1000 = 0{,}0014$ г азота).

Обычно вычисление азота в процентах производится по следующей формуле:

$$\frac{a \cdot 0{,}0014 \cdot 100}{b},$$

где: a — количество куб. сантиметров 0,1-нормальной серной кислоты, связанной с аммиаком; 0,0014 — количество

азота, соответствующее 1 куб. см 0,1-нормальной серной кислоты; b — навеска воздушно-сухой почвы, взятой для анализа; 100 — для пересчета на проценты.

Чтобы выразить результат в процентах к абсолютно-сухой почве, необходимо полученный выше процент азота умножить на коэффициент

$$K = \frac{100}{100 - A},$$

где A — процентное содержание гигроскопической влаги почвы.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ В ПОЧВЕ ПОДВИЖНОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ПО МЕТОДУ КИРСАНОВА В ЦЕЛЯХ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ В ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЯХ

Фосфор является одним из важнейших элементов питания растений. Он входит в состав клеточных ядер, протоплазмы и других частей растений, поэтому наличие его в достаточных количествах в почве представляет необходимейшее условие получения высоких урожаев.

В разных почвах содержатся различные количества фосфора. В черноземных почвах количество фосфора чаще всего выражается 0,15—0,3% от веса почвы; в подзолистых почвах, более бедных фосфором, содержится от 0,03 до 0,1% фосфорной кислоты.

Несмотря, однако, на значительный общий запас почвенного фосфора в практике приходится применять фосфорные удобрения на всех без исключения почвах.

Это объясняется тем, что основная масса запаса фосфора в почве находится в форме труднорастворимых, неусвояемых растениями соединений. Лишь незначительная его часть представлена легкоподвижными соединениями, которые и являются непосредственной пищей растений.

Большой практический интерес поэтому представляет определение в почве легкоподвижных форм фосфорной кислоты, на основании чего можно судить о степени нуждаемости растений в фосфорных удобрениях.

Из многих химических методов определения подвижных форм фосфорной кислоты в почве наиболее простым и пригодным для массовых анализов является метод проф. А. Т. Кирсанова.

Сущность метода. Данный метод основан на извлечении из почвы подвижной фосфорной кислоты 0,2-нормаль-

ным раствором HCl с последующим определением выделенной P_2O_5 колориметрическим способом.

На основании найденных в почве количеств усвояемой P_2O_5 делают заключение о степени нуждаемости растений в фосфорных удобрениях, пользуясь следующими нормативами:

Количество миллиграммов усвояемой P_2O_5 на 100 г почвы	Степень нуждаемости растений в фосфорных удобрениях
От 0 до 10	Сильная
От 10 до 20	Средняя
Больше 20	Слабая и не нуждается

К сказанному следует добавить, что данный метод разработан применительно, главным образом, к подзолистым почвам.

Необходимое оборудование: а) коническая колба емкостью 150 куб. см; б) воронка с фильтром; в) пипетки на 25 и 5 куб. см; г) 24 пробирки на штативах; д) 2 стакана емкостью 100 куб. см; е) шкала образцовых растворов; ж) штатив для воронок.

Необходимые реактивы: а) оловянная палочка из химически чистого олова; б) молибденовые реактивы А и Б; в) 0,2-нормальный раствор соляной кислоты; г) образцовый раствор фосфата; д) шкала образцовых растворов фосфата.

Приготовление реактивов: а) 0,2-нормальный раствор HCl готовится путем разбавления в 5 раз нормального раствора соляной кислоты.

б) Молибденовые реактивы А и Б приготовляются следующим образом. Нагревают в колбе почти до кипения 100 куб. см дестиллированной воды и всыпают туда 10 г химически чистого молибденовокислого аммония, помешивая стеклянной палочкой до полного растворения. Далее, горячий раствор фильтруют, затем охлаждают и приливают к нему 200 куб. см концентрированной HCl (уд. вес 1,19) и добавляют 100 куб. см холодной дестиллированной воды. Так получается реактив А. Хранить его необходимо в темной посуде и темном месте. Из раствора А готовят реактив Б. Для этого 1 часть реактива А разбавляют 4 частями дестиллированной воды.

в) Образцовый раствор фосфата приготовляется следующим образом: 242 мг химически чистого $CaHPO_4 . 2H_2O$

растворяется в 1 л 0,2-нормального раствора HCl. В 1 л такого раствора содержится 100 мг P_2O_5.

г) Серия стандартных растворов готовится из образцового раствора $CaHPO_4 . 2H_2O$, содержащего 100 мг P_2O_5 в 1 л. Из этого раствора берется 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 25; 30; 40 и 50 куб. см, содержащих соответственно 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0 мг P_2O_5, в мерные занумерованные колбочки на 100 куб. см, доливается 0,1-нормальной HCl до метки, тщательно перемешивается и сохраняется до употребления.

Перед самым определением из этих растворов берется по 5 куб. см в пробирки, имеющие те же номера, что и мерные колбочки; в пробирки приливают по 5 куб. см реактива Б и помешивают оловянной палочкой в течение 5—15 сек. После этого все пробирки закрываются каучуковыми пробками и в таком виде шкала стандартных растворов может сохраняться несколько дней. Серия же образцовых растворов в мерных колбах может сохраняться очень продолжительное время.

Ход работы. Из средней пробы воздушно-сухой почвы, пропущенной через сито в 1 мм, отвешивается на технических весах навеска в 5 г и переносится в колбочку Эрленмейера.

В колбочку приливают 25 куб. см 0,2-нормальной HCl и в течение 1 мин. взбалтывают. После 15 мин. отстаивания жидкость фильтруют через складчатый фильтр в стеклянный стаканчик или колбочку. Берут пипеткой из стаканчика 5 куб. см фильтрата в пробирку, приливают 5 куб. см реактива Б и помешивают в течение 5—15 сек. оловянной палочкой до получения постоянной голубой окраски, не увеличивающей своей интенсивности от дальнейшей обработки. После обработки жидкости в пробирке оловянную палочку споласкивают в стаканчике с дестиллированной водой и вытирают чистой фильтровальной бумагой. Далее, испытуемый раствор в пробирке сравнивают по окраске со стандартными растворами и результат сравнения записывают. Сравнение лучше вести в компараторе. Пересчет P_2O_5 на 100 г почвы и на 1 га приведен в следующей таблице (стр. 72).

Если в испытуемом растворе интенсивность окраски окажется больше, чем в последнем образце стандарта, то необходимо фильтрат данной пробы разбавить раствором 0,2-нормальной HCl. При этом можно взять 1 или 2 куб. см фильтрата, прибавить в пробирку 0,2-нормальной HCl до 5 куб. см и помешать оловянной палочкой. Полученную таким путем голубую окраску сравнивают со стандартной

Пересчет P_2O_5 в миллиграммах на 100 г почвы и в килограммах на 1 га

№№ склянок	P_2O_5 в 100 куб. см стандартного раствора	P_2O_5 в 5 куб. см стандартного раствора, отвечающих 1 г почвы	Содержание P_2O_5 в мг на 100 г почвы	Содержание P_2O_5 в килограммах на 1 га[1]
1	0,25	0,0125	1,25	31,7
2	0,5	0,025	2,5	62,5
3	0,75	0,0375	3,75	95,1
4	1,0	0,05	5,0	125,0
5	1,25	0,0625	6,25	158,5
6	1,5	0,075	7,5	187,5
7	1,75	0,0875	8,75	221,9
8	2,0	0,1	10,0	250,0
9	2,5	0,125	12,5	317,0
10	3,0	0,15	15,0	375,0
11	4,0	0,2	20,0	500,0
12	5,0	0,25	25,0	625,0

шкалой и при расчетах делают поправку на разбавление.

Нередко при помешивании фильтрата оловянной палочкой получается зеленое окрашивание. Появление зеленого окрашивания связано с весьма малым содержанием фосфора в почве и всегда указывает на сильную нуждаемость растений в фосфорных удобрениях.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНОГО КАЛИЯ В ПОЧВЕ ПО МЕТОДУ ПЕЙВЕ

Калий, наряду с азотом и фосфором, является важнейшим элементом питания растений и для развития их не может быть заменен никаким другим элементом.

Общие запасы калия в почвах значительно выше, чем азота и фосфора. Так, например, черноземные почвы содержат в себе около 1% калия, в подзолистых почвах процент калия достигает 1—3 от веса почвы и т. д. Однако преобладающая масса почвенного калия находится в форме труднорастворимых и, следовательно, малодоступных для растений соединений.

Недостаток усвояемого калия в почве должен периодически пополняться путем внесения калийных удобрений.

[1] При условии, что средний вес слоя почвы на 1 га глубиною 20 см составляет 25 млн. кг.

Существенное значение при выявлении потребности растений в калийных удобрениях имеет определение в почве подвижного калия. Ниже мы остановимся на описании простейшего метода определения подвижного калия в почве, разработанного Пейве.

Сущность метода. Согласно данному методу, извлечение поглощенного калия из почвы производится путем обработки ее нормальным раствором хлористого натрия. Количественное определение перешедшего в раствор калия ведется при помощи сухой соли кобальтнитрита натрия $Na_3Co(NO_2)_6$.

В основу этого метода положен принцип выявления наименьших концентраций, заключающийся в том, что образование осадка при осаждении калия кобальтнитритом натрия происходит лишь до определенной, наименьшей концентрации калия в данном растворе. Эта наименьшая концентрация калия в растворе, при которой уже не образуется осадка, для определенной температуры и других условий осаждения является величиной практически постоянной.

Благодаря этому путем разбавления почвенной вытяжки в определенное число раз можно найти для данных условий реакции эту наименьшую концентрацию и, учитывая степень разбавления, вычислить содержание калия в исследуемом растворе.

Содержание калия в почвенной вытяжке будет равняться произведению величины наименьшей концентрации калия в миллиграммах на литр при данной температуре на степень разбавления, при которой была найдена наименьшая концентрация калия.

Следует отметить, что величины наименьших концентраций калия в миллиграммах на литр, при которых не наблюдалось явлений выпадения осадка, были установлены опытным путем в интервале температур от 12 до 24°С, причем эти концентрации калия оказались приблизительно равными абсолютным значениям этих температур.

Так, например:

При температуре	Количества K_2O на литр раствора равны
20°	20 мг
18°	18 „
16°	16 „
14°	14 „
12°	12 „

Таким образом, для определения количества калия в почвенной вытяжке необходимо цифру температуры, при которой производилось исследование, умножить на степень разбавления раствора, при которой была выявлена наименьшая концентрация калия. На основании найденного таким образом количества калия в миллиграммах на литр вычисляется содержание подвижного калия в 100 г почвы.

Необходимое оборудование: а) технические весы с разновесками; б) колба емкостью 200 куб. см с резиновой пробкой; в) стакан емкостью 130—150 куб. см; г) пипетка на 50 куб. см и градуированная пипетка на 10 куб. см; д) воронка со складчатым фильтром; е) 20 пробирок с отметкой на 5 куб. см; ж) штатив для пробирок; з) термометр; и) мерная ложечка для взятия реактива.

Необходимые реактивы: а) 1,0-нормальный раствор хлористого натрия; б) сухой реактив кобальтнитрита натрия $Na_3Co(NO_2)_6$.

Ход работы. Для извлечения из почвы подвижного калия вытяжка из почвы готовится таким образом: 25 г почвы отвешиваются на технических весах и переносятся в колбу емкостью 200 куб. см. Почва в колбе обливается 50 куб. см 1,0-нормального раствора NaCl и взбалтывается на ротаторе или от руки в течение 5 мин. После этого вытяжка отфильтровывается в стакан через плотный складчатый фильтр.

Заготовляется штатив с девятью пробирками, имеющими номера и отметки, обозначающие объем жидкости, равный 5 куб. см.

При помощи градуированных пипеток в каждую пробирку вносится определенное количество прозрачной вытяжки, согласно следующей схеме:

№№ пробирок	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество куб. сантиметров вытяжки . . .	5	4,0	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0

Во все пробирки, кроме первой, доливается до черты 5 куб. см раствор 1,0-нормального хлористого натрия. Затем в каждую пробирку при помощи особой мерной ложечки добавляется постепенно, при встряхивании, 0,1 г сухого реактива кобальтнитрита натрия. В десятую пробирку

с тем же фильтратом вставляется термометр для измерения температуры исследуемого раствора.

В целях экономии реактива следует кобальтнитрит натрия прибавить сначала в пробирки №№ 1, 4, 7, а затем уже в случае немедленного появления мути добавлять реактив лишь в пробирки с более разбавленными растворами.

Через полчаса производится наблюдение за выпадением осадка и образованием мути. Наблюдение производится в ясные дни у окна, а в пасмурные — у лампы. Отмечается первая пробирка в ряду, в которой не наблюдается явлений образования осадка. Раствор в этой пробирке имеет наименьшую концентрацию калия, при которой не может быть уже выпадения осадка при данных условиях. При температуре 20° в условиях вытяжки NaCl эта наименьшая концентрация равна приблизительно 20 мг K_2O на 1 л раствора.

Зная степень разбавления и температуру, легко высчитать количество миллиграммов K_2O на 100 г почвы.

Пример расчета. Допустим, что осадок уже не выпал в пробирке № 4, куда влито 2,5 куб. см вытяжки. Значит степень разбавления фильтрата здесь равна 2 ($5 : 2,5 = 2$). Температура исследуемого раствора составляла 20°. Следовательно, количество K_2O в литре исследуемого раствора равно $20 \times 2 = 40$ мг. 1 л фильтрата соответствует 500 г почвы (при отношении навески почвы к раствору 25 : 50, т. е. 1 : 2). Очевидно, что количество калия в 100 г почвы будет в 5 раз меньше ($500 : 100 = 5$), а именно $40 : 5 = 8$ мг K_2O.

Для облегчения расчетов лучше пользоваться готовой таблицей, составленной в интервале температур от 12 до 24° С. (табл. стр. 76).

Пользование этой таблицей очень просто. Для этого в вертикальном столбце слева находят цифру, соответствующую температуре фильтрата, и в верхнем горизонтальном ряду — цифру, соответствующую взятому для определения количеству фильтрата, при котором не наблюдается выпадения осадка. На пересечении горизонтальной линии, идущей от цифры данной температуры, и вертикальной линии — от количества взятого для определения фильтрата, и находится искомая величина K_2O, выраженная в миллиграммах на 100 г почвы.

В случае, если почва богата калием, и осадок образуется и в последней пробирке, куда влит 1 куб. см фильтрата, то определенный объем исследуемой вытяжки разбавляется 1,0-нормальным раствором NaCl в 2 раза и в этой разбавленной вытяжке определение калия указанным выше способом проводится вновь. В таком случае конечный результат

Таблица для расчетов содержания K_2O в почве при определении его по методу Пейве

Температура раствора °С	Концентрация K_2O в пробирке, где нет явлений осадка	Количество куб. сантиметров вытяжки, взятое для определения, при котором нет явлений осадка								
		5,0	4,0	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0
		Содержание K_2O в миллиграммах на 100 г почвы								
24	24	4,8	6	8	9,6	12,0	13,5	15,8	20,0	24,0
23	23	4,6	5,7	7,7	9,2	11,5	12,8	15,2	19,1	23,0
22	22	4,4	5,5	7,3	8,8	11,0	12,2	14,6	18,3	22,0
21	21	4,2	5,25	7,0	8,4	10,5	11,6	14,0	17,5	21,0
20	20	4,0	5,0	6,7	8,0	10,0	11,1	13,3	16,7	20,0
19	19	3,8	4,75	6,3	7,6	9,5	10,5	12,6	15,8	19,0
18	18	3,6	4,5	6,0	7,2	9,0	10,0	12,0	15,0	18,0
17	17	3,4	4,25	5,66	6,8	8,5	9,4	11,3	14,1	17,0
16	16	3,2	4,0	5,3	6,4	8,0	8,9	10,7	13,3	16,0
15	15	3,0	3,7	5,0	6,0	7,5	8,3	10,0	12,5	15,0
14	14	2,8	3,5	4,7	5,6	7,0	7,8	9,3	11,7	14,0
13	13	2,6	3,25	4,3	5,2	6,5	7,2	8,6	10,8	13,0
12	12	2,4	3,0	4,0	4,8	6,0	6,7	8,0	10,0	12,0

определения калия умножается еще на 2. При ином разбавлении вытяжки результат умножается на соответствующую другую величину.

УСТАНОВЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПОЧВ

Общие сведения

В комплексе мероприятий, направленных на завоевание высоких и устойчивых урожаев, широкое применение в практике земледелия имеют так называемые косвенно действующие удобрения, главное назначение которых заключается в улучшении физических и биохимических свойств почв. К косвенным удобрениям относится известь, применяемая, главным образом, в подзолистой зоне.

Необходимость применения извести обусловливается особенностью и свойствами подзолистых почв.

Подзолистые почвы, развивающиеся в условиях сравнительно влажного климата, характеризуются обедненностью известью, кислой реакцией, непрочной, легко распыляющейся структурой, а в связи с этим и целым рядом весьма нежелательных физических и биохимических свойств, неблагоприятно отражающихся на развитии культурных растений. При увлажнении эти почвы заплывают, образуя с по-

верхности корку, быстро слеживаются, уплотняются, слабо проветриваются, склонны к заболачиванию. Вредная для культурных растений почвенная кислотность отрицательно сказывается и на биологических процессах, играющих огромную роль в накоплении доступных для растений питательных веществ. В кислых почвах жизнедеятельность полезных бактерий угнетается, замедляется или совсем прекращается. Будучи ненасыщенными основаниями, т. е. содержащими в себе поглощенный водород, подзолистые почвы отличаются легкой подвижностью коллоидальной части, вследствие чего под влиянием атмосферных осадков они способны терять путем вымывания наиболее ценную свою часть — органические и минеральные коллоиды.

Вместе с тем, обладая непрочной структурой и способностью уплотняться, подзолистые почвы требуют дополнительной механической обработки с целью поддержания их в рыхлом состоянии.

Применение извести на подзолистых почвах и имеет основной своей задачей борьбу с отрицательными свойствами почв, создание благоприятной почвенной среды для культурных растений.

При известковании прежде всего уничтожается вредная для растений почвенная кислотность. Взаимодействие подзолистой почвы с известью схематически можно представить себе в следующем виде:

1) при применении сырой извести:

$$\left[\text{Подз. почва}\right]^{\cdot H}_{\cdot H} + CaCO_3 = \left[\text{п . почва}\right]\cdot Ca + H_2O + CO_2$$

2) при применении гашеной извести:

$$\left[\text{Подз. почва}\right]^{\cdot H}_{\cdot H} + Ca(OH)_2 = \left[\text{п . почва}\right]\cdot Ca + 2H_2O$$

В результате известкования подзолистые почвы превращаются из ненасыщенных основаниями в почвы, насыщенные основаниями; они приобретают структурное строение, а в связи с этим и более благоприятные физические свойства: улучшаются аэрация, водопроницаемость и тепловые свойства. Благодаря нейтрализации кислой реакции и улучшению воздушных и водных свойств в подзолистых почвах усиливаются микробиологические процессы, приводящие к накоплению питательных веществ. Внесение извести способствует накоплению перегноя в почве: катионы кальция, как сильного коагулятора, свертывают органические (и минеральные) коллоиды и предохраняют их от вымывания в глубокие горизонты почвы.

Вследствие улучшения физических и биохимических свойств известкованные почвы становятся более плодородными; на них значительно повышается эффективность удобрений и других агромероприятий, направленных на создание высоких и устойчивых урожаев. Но этим влияние известкования на урожай не исчерпывается. Вносимая в почву известь имеет еще значение, несомненно, и как прямо действующее удобрение, снабжающее растения кальцием. И хотя потребление кальция культурными растениями значительно меньше, чем других веществ, например азота, фосфора и калия, однако кальций является также безусловно необходимым для нормального развития растений элементом, и недостаток его в почве неизбежно приводит к задержке роста корневой системы, к отмиранию листьев, к снижению урожаев. Особенно значительна роль извести в этом отношении на сильно выщелоченных, обедненных известью, кислых подзолистых почвах. Таким образом, значение известкования в земледелии весьма сложно и многообразно: вносимая в почву известь не только улучшает коренным образом подзолистые почвы, но служит одновременно в известной степени и прямым удобрением, как источник кальция для питания растений.

Отмечая огромное производственное значение применения извести в земледелии, необходимо при этом подчеркнуть следующие два весьма существенных обстоятельства:

1. Известь не заменяет собою удобрений, а является, главным образом, лишь косвенным средством улучшения физических и биохимических свойств подзолистых почв. Поэтому высокая эффективность известкования достигается только при условии одновременного внесения в почву в достаточных количествах всех необходимых удобрительных веществ в комплексе с другими агромероприятиями.

2. Известкование следует применять не на всех почвах подзолистой зоны, а только на тех, которые действительно требуют внесения извести.

Отсюда само собою напрашивается тот вывод, что к известкованию нельзя подходить вслепую, применяя известь на всех без разбора подзолистых почвах. Известкование надо применять только на тех почвах, которые действительно требуют извести. Поэтому, прежде чем приступить к известкованию, необходимо в каждом конкретном случае предварительно изучить почвы и выбрать при этом те участки, которые требуют внесения извести.

Исследование почв в отношении выявления необходимости их известкования производится в поле и лаборатории.

При полевом исследовании для этой цели пользуются

морфологическими особенностями почв, главным образом степенью выраженности подзолистого горизонта и затем характером растительности.

При лабораторном же исследовании руководящим признаком в этом отношении являются кислотность почвы и степень насыщенности ее основаниями.

Необходимо отметить, что в почвоведении различают две формы кислотности: 1) актуальную и 2) потенциальную.

Под актуальной кислотностью понимается концентрация свободных водородных ионов в почвенном растворе, т. е. в жидкой фазе почвы.

Под потенциальной кислотностью понимается кислотность, обусловленная наличием водородных ионов в поглощенном состоянии.

В почвенном растворе подзолистых почв всегда имеется то или иное количество свободных водородных ионов, обусловливающих собою актуальную кислотность. Чем сильнее почва насыщена водородными ионами, тем более значительная их концентрация будет и в почвенном растворе и тем выше, следовательно, будет актуальная кислотность почвы.

В лабораториях актуальная кислотность определяется в водной вытяжке из почвы.

В отличие от актуальной, потенциальная кислотность обнаруживается только в солевой вытяжке в результате обменной реакции между поглощающим комплексом и почвенным раствором.

Потенциальная кислотность в свою очередь подразделяется на два вида: 1) обменную и 2) гидролитическую.

Под обменной кислотностью понимаются водородные ионы, которые могут быть вытеснены из поглощенного состояния воздействием на почву растворами нейтральных солей, т. е. солей, образованных соединением сильных оснований с сильными же кислотами, как, например, NaCl и KCl.

При взаимодействии этих солей с почвой, имеющей в поглощенном состоянии водород, происходит реакция взаимного обмена, при которой катионы означенных солей становятся в поглощающем комплексе на место водорода, а вытесненный водород переходит в раствор, образуя при этом свободную обменную кислоту.

Под гидролитической кислотностью понимаются вытесняемые ионы водорода из поглощающего комплекса растворами гидролитически щелочных солей, т. е. солей, образованных сильными основаниями и слабыми кислотами. Примером таких солей являются уксуснокислый

натрий (CH_3COONa) и уксуснокислый кальций $Ca(CH_3COO)_2$, имеющие слабо-щелочную реакцию.

Для определения гидролитической кислотности в лаборатории чаще всего применяется уксуснокислый натрий.

Уксуснокислый натрий, как и другая подобная же соль, в воде гидролитически распадается с образованием щелочи и слабой кислоты по уравнению:

$$CH_3COONa + H \cdot OH = CH_3COOH + NaOH.$$

Поскольку диссоциация NaOH большая, а CH_2COOH ничтожная, то реакция раствора должна быть слабо-щелочной (pH = 8,2—8,4).

При взаимодействии уксуснокислого натрия с подзолистой почвой натрий щелочи вступает в поглощающий комплекс, а взамен вытесняет поглощенный водород, который и образует в растворе так называемую гидролитическую кислотность.

Опыт показывает, что при обработке почв гидролитически щелочными солями из поглощающего комплекса вытесняется водорода больше, чем при обработке нейтральными солями. Поэтому наиболее полное представление о количестве поглощенных водородных ионов в той или иной подзолистой почве мы получаем на основании определения гидролитической кислотности. В связи с этим дозы извести для известкования почв устанавливаются по величине гидролитической кислотности, как дающей наиболее полную величину кислотности почвы по сравнению с обменной.

Кроме обменной и гидролитической кислотности, для выяснения вопроса о необходимости известкования почв определяют еще сумму поглощенных оснований, благодаря чему возможно вычислить степень насыщенности почвы основаниями.

Таким образом, в целях установления необходимости известкования подзолистых почв производятся следующие определения: 1) обменной кислотности почвы по величине pH при помощи универсального индикатора; 2) гидролитической кислотности по Каппену; 3) суммы обменных поглощенных оснований по Каппену и 4) степени насыщенности почвы основаниями по вычислениям.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБМЕННОЙ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ ПО ВЕЛИЧИНЕ pH ПРИ ПОМОЩИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИНДИКАТОРА

Сущность метода. В основу метода положена обработка почвы 1,0-нормальным раствором KCl с последующим определением в солевой вытяжке обменной кислотности по величине pH с помощью универсального индикатора. Символ pH представляет собою выражение концентрации водородных ионов в том или ином растворе. Наиболее простым методом определения реакции почвенной вытяжки или концентрации водородных ионов (pH) является колориметрический, или цветовой метод, основанный на свойстве некоторых индикаторов менять свою окраску в зависимости от изменения величины pH. Широко распространенным индикатором для определения реакции почвенных вытяжек является универсальный индикатор.

В почвенном растворе и различных почвенных вытяжках мы чаще всего встречаемся со следующими значениями pH:

pH = 8 — почва щелочная
pH = 7 — почва нейтральная
pH = 6 — почва слабо-кислая
pH = 5 — почва кислая
pH = 4 — почва сильно-кислая
pH = 3 — почва очень сильно-кислая

При этом щелочная реакция характерна, главным образом, для солонцовых и засоленных почв, нейтральная — для черноземных почв и разных степеней кислотная реакция свойственна подзолистым почвам.

Необходимое оборудование: а) коническая колба емкостью 100 куб. см; б) мерный цилиндр на 50 куб. см; в) пипетка на 3 куб. см; г) технические весы с разновесками; д) маленькая фарфоровая чашечка; е) цветовая таблица для определения различных значений pH.

Необходимые реактивы: а) 1,0-нормальный раствор хлористого калия; б) универсальный индикатор.

Ход работы. Из средней пробы воздушно-сухой почвы, пропущенной через сито с отверстиями в 1 мм, берется в коническую колбу на технических весах навеска в 20 г. В колбу приливается 50 куб. см 1,0-нормального раствора KCl, колба хорошо взбалтывается и оставляется стоять до следующего дня. По истечении указанного срока при помощи пипетки берется из отстоявшейся жидкости 3 куб. см прозрачного раствора и переносится в маленькую фарфоровую чашечку, куда прибавляется 3 капли универсального индикатора. Жидкость в чашечке перемешивают стеклянной палочкой и ее окраску сравнивают с цветовой таблицей, устанавливая величину pH. Когда получается промежуточная окраска между двумя цветными обозначениями, берут среднее арифметическое из величин pH соседних цветных полосок шкалы.

По найденной величине pH устанавливают необходимость известкования почвы, руководствуясь следующими нормативами, выработанными практикой известкования;

Величина pH	Необходимость известкования почвы
Меньше 5,0	Большая
От 5,0 до 6,0	Средняя
6,0 и больше	Незначительная и чаще отсутствует

При полевых почвенных исследованиях определение pH при помощи универсального индикатора значительно упрощается.

Для этого насыпается в пробирку непросушенная почва слоем 2 см и обливается 1,0-нормальным раствором KCl по объему в 2,5 раза больше, чем почвы. Содержимое пробирки встряхивается в течение 3—5 мин. и затем отстаивается до осветления раствора. Из отстоявшейся жидкости берется пипеткой около 3—5 куб. см в фарфоровую чашечку, добавляется 3 капли универсального индикатора, перемешивается стеклянной палочкой и сравнивается с цветовой шкалой.

Следует отметить, что путем определения pH с помощью универсального индикатора устанавливается лишь степень почвенной кислотности и самый факт необходимости известкования почвы. Установление же дозировки извести на 1 га производится на основе данных гидролитической кислотности.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ ПО КАППЕНУ

Сущность метода. В основу метода положено вытеснение из почвы поглощенного водорода путем обработки почвы 1,0-нормальным раствором уксуснокислого натрия с последующим определением количества образующейся при этом уксусной кислоты.

Необходимое оборудование: а) технические весы с разновесками; б) колба емкостью 200—300 куб. см; в) стакан емкостью 100—150 куб. см; г) воронка и складчатый фильтр; д) мерный цилиндр на 100 куб. см; е) пипетка на 50 куб. см; ж) коническая колба на 100—150 куб. см.

Необходимые реактивы: а) 1,0-нормальный раствор уксуснокислого натрия $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ (136 г соли на 1 л раствора); б) 0,1-нормальный раствор едкого натра NaOH; в) 1% спиртовой раствор фенолфталеина.

Ход работы. Из средней пробы воздушно-сухой почвы, пропущенной через сито в 1 мм, берется на технических весах в колбу навеска в 40 г и к ней приливается 100 куб. см 1,0-нормального раствора уксуснокислого натрия. Колба закрывается пробкой и ее содержимое взбалтывается в течение 1 часа на вращающемся аппарате. За отсутствием аппарата можно ограничиться пятиминутным встряхиванием от руки, после чего колба оставляется на сутки. Через сутки жидкость

Коэффициент 1,5 получен путем следующих вычислений: для нейтрализации кислотности в 100 г почвы пошло 26,25 куб. см 0,1-нормального NaOH, что соответствует 0,13125 г $CaCO_3$ (ибо 1 куб. см 0,1-нормального NaOH соответствует 0,005 г $CaCO_3$; отсюда 26,25 куб. см $\times$ 0,005 = = 0,13125 г $CaCO_3$).

На 1 кг почвы потребуется: $0{,}13125 \times 10 = 1{,}3125$ г $CaCO_3$.

На 1 т почвы потребуется: $1{,}3125 \times 1000 = 1{,}3125$ кг $CaCO_3$;

На 1 га (=3000 т) потребуется: $1{,}3125 \times 3000 = 39{,}37$ ц, или 3,9 т.

Разделив конечный результат 39,37 ц на величину гидролитической кислотности, выраженной в куб. сантиметрах 0,1-нормальной щелочи на 100 г почвы, т. е. на 26,25 куб. см, получаем:

$$39{,}37 : 26{,}25 = 1{,}5.$$

Очень часто величину гидролитической кислотности выражают не в куб. сантиметрах 0,1-нормального раствора NaOH, а в миллиэквивалентах. Для этого необходимо полную величину гидролитической кислотности, выраженную в куб. сантиметрах 0,1-нормального NaOH на 100 г почвы, разделить на 10. В нашем примере это составит:

$$26{,}25 : 10 = 2{,}625 \text{ м. экв. на 100 г почвы.}$$

Далее, умножив количество миллиэквивалентов на 1,5, получаем дозировку извести в тоннах на 1 га:

$$2{,}625 \times 1{,}5 = 3{,}9 \text{ т.}$$

При этом коэффициент 10 при пересчете куб. сантиметров 0,1-нормальной щелочи в миллиэквиваленты получен таким образом. Прежде всего число куб. сантиметров 0,1-нормального NaOH умножают на 0,0001 для перевода в граммы водорода (так как 1 куб. см 0,1-нормального раствора NaOH соответствует 0,0001 г водорода). Далее, разделив полученное число на 1 для перевода в эквиваленты водорода и умножив на 1000, получаем величину гидролитической кислотности, выраженную в миллиэквивалентах водорода на 100 г почвы.

В нашем примере это составит:

$$\frac{26{,}25 \times 0{,}0001 \times 1000}{1} = 2{,}625 \text{ м. экв.}$$

Это все равно, что сразу число куб. сантиметров 0,1-нормального NaOH разделить на 10.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ ПОГЛОЩЕННЫХ ОСНОВАНИЙ ПО КАППЕНУ И СТЕПЕНИ НАСЫЩЕННОСТИ ПОЧВЫ ОСНОВАНИЯМИ

Сущность метода. Для более полного выяснения вопроса о необходимости известкования почв, помимо гидролитической кислотности, очень часто дополнительно определяет еще сумму поглощенных оснований. Зная величину гидролитической кислотности и сумму поглощенных оснований, можно вычислить степень насыщенности почвы основаниями.

Из многих методов определения поглощенных оснований наиболее простым является метод Каппена. Данный метод основан на обработке почвы определенным количеством HCl точно известной концентрации. При взаимодействии почвы с соляной кислотой часть HCl идет на вытеснение поглощенных оснований, остаток же свободной кислоты учитывается путем нейтрализации щелочью также точно известной концентрации. По разности между взятым и оставшимся количеством свободной соляной кислоты находят количество связанной HCl, которым и определяется содержание поглощенных оснований. Следует отметить, что метод Каппена пригоден лишь для бескарбонатных почв.

Необходимое оборудование: а) технические весы с разновесками; б) колба емкостью 200—250 куб. см с пробкой; в) стакан или коническая колба емкостью 250—300 куб. см; г) пипетки на 50 и 100 куб. см.

Необходимые реактивы; а) 0,1-нормальный раствор HCl; б) 0,1-нормальный раствор NaOH; в) 1% спиртовой раствор фенолфталеина.

Ход работы. Из средней пробы воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с отверстиями в 1 мм, берется на технических весах в колбу навеска в 20 г. При помощи пипетки в колбу приливается 100 куб. см 0,1-нормального раствора HCl точно установленного титра. Колба закрывается пробкой и содержимое ее взбалтывается в течение часа и затем отстаивается в течение 24 час.

По истечении этого срока из отстоявшейся жидкости берется пипеткой 50 куб. см и переносится в стакан или колбу емкостью 250—300 куб. см, куда прибавляется 3—4 капли фенолфталеина. Затем осторожно, при постоянном помешивании, вытяжку титруют 0,1-нормальным раствором NaOH до неисчезающей в течение минуты слаборозовой окраски.

Количество куб. сантиметров 0,1-нормального раствора NaOH, пошедшее на нейтрализацию 50 куб. см вытяжки,

умножается на поправку для титра щелочи. Полученную величину отнимают от 50 куб. см вытяжки и находят количество связанной 0,1-нормальной HCl, которое соответствует сумме поглощенных оснований на 10 г почвы. Умножив последнюю величину еще на 10, получают сумму поглощенных оснований, выраженную в куб. сантиметрах 0,1-нормальной HCl на 100 г почвы.

Поглощенные основания выражают обычно в миллиэквивалентах на 100 г почвы. Для этого сумму поглощенных оснований, выраженную в куб. сантиметрах 0,1-нормальной HCl на 100 г почвы, надо разделить на 10 (принцип вычисления изложен на стр. 84).

Пример вычисления. Допустим, что на титрование 50 куб. см фильтрата пошло 42 куб. см 0,1-нормального NaOH. Значит количество связанной соляной кислоты: 50—42 = 8 куб. см. Это количество куб. сантиметров 0,1-нормальной HCl соответствует сумме поглощенных оснований на 10 г почвы. Умножив 8 куб. см 0,1-нормальной HCl на 10, получаем сумму поглощенных оснований, выраженную в куб. сантиметрах 0,1-нормальной HCl на 100 г почвы:

$$8 \times 10 = 80 \text{ куб. см.}$$

Для выражения суммы поглощенных оснований в миллиэквивалентах необходимо 80 куб. см разделить на 10; это составит:

$$80 : 10 = 8 \text{ м. экв. на 100 г почвы.}$$

Вычисление степени насыщенности почвы основаниями. По данным определения гидролитической кислотности ($Г. К.$) и суммы поглощенных оснований (S) вычисляют степень насыщенности почвы основаниями (V).

Для этого, складывая величины гидролитической кислотности и суммы поглощенных оснований, находят величину емкости поглощения исследуемой почвы (в нашем примере 2,625 + 8 = 10,625 м. экв.). Далее, разделив сумму поглощенных оснований (S) на величину емкости поглощения ($Г. К. + S$) и умножив на 100, находят степень насыщенности почвы в процентах. В нашем примере:

$$\frac{8}{10{,}625} \cdot 100 = 75\%.$$

Вычисление степени насыщенности почвы основаниями обычно производится по формуле:

$$V = \frac{S}{Г. К. + S} \cdot 100,$$

где V — процентное выражение степени насыщенности почвы основаниями, S — сумма поглощенных оснований почвы, $Г. К.$ — гидролитическая кислотность.

Степень насыщенности почвы основаниями является дополнительным показателем при установлении необходимости известкования почв. В этом отношении подзолистые почвы разбиваются на следующие три группы:

1) почвы, имеющие степень насыщенности основаниями ниже 50%, сильно нуждаются в известковании;

2) почвы, имеющие степень насыщенности основаниями от 50 до 75%, средне нуждаются в известковании;

3) почвы, имеющие степень насыщенности свыше 75%, не нуждаются в известковании.

В заключение следует подчеркнуть, что при установлении необходимости известкования почв, помимо аналитических данных, следует принимать во внимание также и особенности культур в севообороте. Следует отметить, что различные культурные растения по-разному отзываются на известкование: одни из них дают больше прибавки при внесении извести, другие незначительно повышают урожай, а третьи отрицательно отзываются на известь, когда последняя вносится непосредственно перед их посевом. Очень хорошо отзывающимися на известкование являются следующие культуры: пшеница, ячмень, горох, вика, клевер, люцерна, конские бобы, капуста, сахарная и кормовая свекла, табак, огурцы и горчица. Под каждую из этих культур известь может вноситься непосредственно в год их посева. Такие же культуры, как рожь, овес, морковь и турнепс, слабее отзываются на известь. Они дают меньшую или менее устойчивую прибавку в урожае при известковании, чем отмеченные выше культуры; тем не менее под эти растения известь также может вноситься непосредственно. Из растений, отрицательно отзывающихся на известкование, следует отметить прежде всего картофель и лен, а затем люпин. Так, картофель, по некоторым опытным данным, подвержен заболеванию паршой в случае посадки его по свежеизвесткованному полю. В случае известкования под лен последний понижает эластичность волокна и повышает его хрупкость и ломкость. Непосредственное известкование под люпин несколько угнетает его развитие. По этим соображениям вносить известь непосредственно под картофель, лен и люпин не рекомендуется. Эти культуры должны высеиваться не ранее, чем через 3—4 года после известкования. Таким образом, известкование надо применять не в любом поле севооборота, а лишь на тех полях, которые в бли-

жайшие 2—3 года по плану будут заняты наиболее отзывчивыми на известь культурами. Лучшим местом внесения извести в севообороте является паровое поле, идущее под озимые хлеба с подсевом клевера. В случае, если пар занят люпином на зеленое удобрение, внесение извести должно производиться при запашке люпина. При этом ускоряется разложение его в почве и повышается урожай высеваемых по люпину культур. Помимо пара, вполне подходящим для известкования полем является яровой клин (ячмень, овес, яровая пшеница) при условии подсева клевера к яровым хлебам.

ЛИТЕРАТУРА

Вильямс В. Р. Почвоведение. Общее земледелие с основами почвоведения. 1938.

Гедройц К. К. Химический анализ почвы. 1932.

Красюк А. А. Почвы и их исследование в природе. 1931.

Домрачева Е. А. Физико-механический и химический анализ почвы. 1935.

Гладилович Б. Р. Практическое руководство по исследованию почв и удобрительных веществ. 1936.

Розанов С. Н. и Панфилов В. Н. Руководство для агрономических лабораторий. 1936.

Саввинов Н. И. Структура почвы и ее прочность. 1931.

Антипов-Каратаев И. Н. Сравнительное изучение методов химического и физико-химического анализа почв. 1931.

Качинский Н. А. Изучение физических свойств почвы и корневых систем растений. 1930.

Пейве Я. В. Определение калия в почве. 1933.

Ахромейко А. Структура почвы. 1930.

Бобко Е. В. Методы определения потребности почв в удобрении. 1932.

Аскинази Д. Л. Пути к определению потребности почв в извести. 1931.

Ремезов Н. П. и Щерба С. В. Теория и практика известкования почв. 1938.

Каппен Г. Почвенная кислотность. 1934.

Качинский Н. А. О влажности почвы и методах ее изучения. 1926.

Виноградов В. И. Химический анализ почвы. 1932.

Егоров М. А. Агрономический анализ. 1925.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	2
Введение	3
Методика полевого исследования почв	
Необходимое снаряжение для полевых почвенных исследований	5
Исследование почв в поле	6
Почвенные разрезы и их расположение	7
Изучение почвенного профиля	8
Изучение морфологических свойств почвенного профиля	9
Изучение химических свойств почвы	21
Взятие почвенных образцов	22
Составление почвенного плана	24
Методика лабораторного исследования почв	
Подготовка почвы к лабораторному исследованию	27
Механический анализ почвы	28
Исследование почвенной структуры	40
Исследование физических свойств почвы	44
Водные свойства почвы	48
Химический анализ почв	
Определение в почве минеральной части и потери от прокаливания	57
Определение гумуса в почве по Кнопу	59
Определение в почве общего азота по Кьельдалю	64
Определение в почве подвижной фосфорной кислоты по методу Кирсанова в целях выявления потребности растений в фосфорных удобрениях	69
Определение подвижного калия в почве по методу Пейве	72
Установление необходимости известкования почв	76
Определение обменной кислотности почвы по величине pH при помощи универсального индикатора	80
Определение гидролитической кислотности почвы по Каппену	82
Определение суммы поглощенных оснований по Каппену и степени насыщенности почвы основаниями	85
Литература	88