

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра земледелия

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ И МЕТОДЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ

*Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов, обучающихся по специальностям
1-74 02 01 Агронмия, 1-74 02 02 Селекция и семеноводство,
1-74 02 03 Защита растений и карантин,
1-74 02 04 Плодоовощеводство,
1-74 02 05 Агрехимия и почвоведение*

Горки
БГСХА
2019

УДК 631.58:631.412(072)

*Рекомендовано методической комиссией
агрономического факультета.
Протокол № 6 от 27 февраля 2018 г.*

Авторы:

кандидаты сельскохозяйственных наук, доценты *А. С. Мастеров,*
С. И. Транков, Д. В. Караульный, М. В. Потапенко, Е. А. Плевко

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *И. Р. Вильдфлуш;*
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. А. Рылко*

Земледелие. Агрофизические свойства почвы и методы их изучения : методические указания по выполнению лабораторных работ / А. С. Мастеров [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – 36 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ. Изложена методика отбора почвенных образцов и определения агрофизических и технологических свойств почвы.

Для студентов, обучающихся по специальностям 1-74 02 01 Агрономия, 1-74 02 02 Семеноводство, 1-74 02 03 Защита растений и карантин, 1-74 02 04 Плодоовощеводство, 1-74 02 05 Агрохимия и почвоведение.

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2019

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее важными с агротехнической точки зрения характеристиками физических свойств почвы являются плотность (объемная масса), плотность твердой фазы (удельная масса), общая пористость (скважность), влагоемкость, строение пахотного слоя, структурный состав и свойства агрегатов.

Студенты в процессе выполнения лабораторных работ должны: научиться отбирать почвенные образцы в поле, подготавливать их к анализу; изучить методику определения основных физических и водных свойств почвы; усвоить основные приемы регулирования водно-физических свойств почвы в земледелии.

По каждой теме студент обязан: оформить рабочую запись; ответить на поставленные вопросы; объяснить полученные результаты и сделать соответствующие выводы и предложения; сдать работу.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земледелие : учеб. пособие / В. В. Ермоленков [и др.]; под ред. В. В. Ермоленкова, А. А. Шелюто. – Минск : Ураджай, 1998. – 366 с.
2. Земледелие : учебник / В. В. Ермоленков [и др.]; под ред. В. В. Ермоленкова, В. Н. Прокоповича. – Минск : ИВЦ Минфина, 2006. – 459 с.
3. Земледелие : учебник / Г. И. Баздырев [и др.]; под ред. Г. И. Баздырева. – Москва : ИНФРА-М, 2013. – 607 с.
4. Практикум по земледелию : учеб. пособие / В. В. Ермоленков [и др.]; под ред. В. В. Ермоленкова, В. Н. Прокоповича. – Горки, 2001. – 94 с.

МЕТОДИКА ОТБОРА ОБРАЗЦОВ И ПОДГОТОВКА К ЛАБОРАТОРНОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ

Чтобы правильно оценить и практически использовать данные лабораторного анализа почв, необходимо иметь точное представление об условиях взятия почвенных проб.

Количество разрезов зависит от масштаба съемки. Обычно при масштабе 1:10 000 один разрез приходится на 10–20 га, а при масштабе 1:25 000 – на 25–50 га.

Почвенный покров изучают по размерам, которые делятся на основные, контрольные (полуямы) и прикопки.

Основные разрезы для взятия образцов выкапывают до материнской породы, контрольные (полюямы) – глубиной 0,75–1,5 м, прикопки – от 30 до 70 см.

Образцы для анализа почв берут из каждого генетического горизонта массой 1–2 кг.

Сырой почвенный образец, доставленный в лабораторию, рассыпают слоем 2–3 см и сушат. После достижения воздушно-сухого состояния из него выделяют среднюю пробу массой около 200–500 г. Для этого весь образец делят на 4 части и из каждой части ложечкой отбирают почву.

Оставшуюся часть почвы заворачивают в бумагу и укладывают в снабженную этикеткой коробку.

Эта почва предназначена для структурного анализа, определения гранулометрического состава и т. д.

Работа 1. Определение влажности почвы

Задание: 1) освоить методику определения влажности почвы; 2) определить влажность почвы и оценить степень ее увлажнения.

Приборы и оборудование: алюминиевые бюксы, эксикатор, сушильный шкаф, аналитические весы, щипцы, анализатор влагосодержания, полевой влагомер.

Порядок выполнения работы в лабораторных условиях. Пробы почвы для определения влажности берутся буром из слоя 0–10, 10–20 см под одной из культур в трехкратной повторности. Почва помещается в предварительно взвешенные, пронумерованные алюминиевые бюксы. В аудитории бюксы с сырой почвой взвешиваются и высушиваются до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течение 6–8 ч. После высушивания бюкс с почвой взвешивается.

Результаты взвешивания записываются в табл. 1.

Таблица 1. Влажность почвы
Дата Культура Глубина, см

| № п. п. | Номер бюкса | Масса бюкса, г | Масса бюкса с почвой, г | | Масса абсолютно сухой почвы (P_c), г | Количество испарившейся воды (B), г | Влажность почвы (W), % |
|---------|-------------|----------------|-------------------------|-------|--|---|----------------------------|
| | | | сырой | сухой | | | |
| | | | | | | | |

Полевую влажность почвы рассчитывают по формуле

$$W = B : P_c \cdot 100,$$

где W – влажность почвы, %;

B – количество испарившейся воды, г;

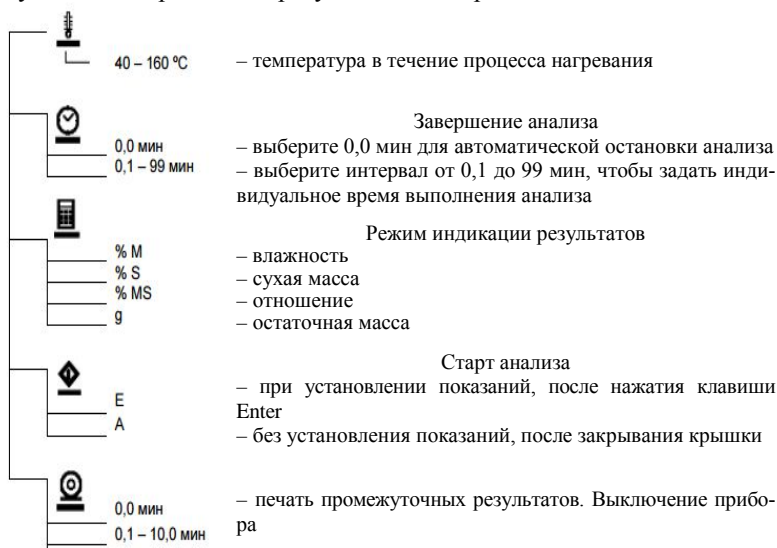
P_c – масса абсолютно сухой почвы, г.

Для точного определения влажности почвы в лабораторных условиях при научно-исследовательской работе можно использовать анализатор влагосодержания типа Sartorius MA35 (рис. 1).



Рис. 1. Анализатор влагосодержания

Анализатор применяется как альтернатива классическому методу сушки в сушильном шкафу. Принцип действия инфракрасного термогравиметрического анализатора основан на прогреве образца инфракрасным излучением с автоматическим взвешиванием в процессе сушки и отображением результатов измерения на дисплее.



Технические характеристики: текущие результаты анализа выводятся на дисплей в различных единицах:

– влажность, % – отношение убыли массы пробы к начальной массе пробы;

– сухой остаток, % – отношение убыли массы пробы к конечной массе пробы;

– отношение, % – отношение конечной к начальной массе пробы;

– масса пробы, г.

Чтобы обеспечить правильность результатов, необходимо прогреть прибор не менее 30 мин после первого включения либо после длительного выключения электроэнергии. Прибор готов к работе только по достижении требуемой рабочей температуры.

В приборе предусмотрено два режима сушки: автоматический и до заданного времени.

При автоматическом режиме процесса сушки измерения завершаются, когда проба приобретает постоянную массу, т. е. потери массы больше не наблюдаются. Необходимую точность измерений обеспечивает система взвешивания с дискретностью считывания 1 мг.

Порядок выполнения работы в полевых условиях. Влажность почвы в полевых условиях можно определить органолептически. Этот метод менее точный по сравнению с весовым, но он дает возможность ориентировочно устанавливать начало обработки почвы в весенний период.

1. Почва *мокрая* – при сжатии комка почвы в руке вода сочится сквозь пальцы.

2. Почва *сырая* – при сжатии комка почвы вода не сочится сквозь пальцы, ладонь увлажняется, почва легко деформируется, при падении с высоты 1 м комок почвы не распадается на комочки.

3. Почва *влажная* – приложенный лист фильтровальной бумаги промокает, при падении с высоты 1 м комок почвы распадается на мелкие комочки.

4. Почва *свежая* – на ощупь прохладная, при падении с высоты 1 м комок почвы распадается на крупные комки, к рукам не прилипает, при растирании в пальцах не пылит.

5. Почва *сухая* – при растирании пылит.

Для быстрого определения влажности почвы можно использовать полевой влагомер типа PCE-SMM 1 (рис. 2).



Рис. 2. Полевой влагомер

Прибор может сохранять полученные максимальное и минимальное значения, а также фиксировать на дисплее последнее значение.

Технические характеристики: диапазон измерений 0–50 %, разрешение 0,1 %, точность ± 5 % от диапазона, частота измерений 0,8 с, условия эксплуатации при температуре 0–50 °С.

Порядок определения:

1. Включить прибор, нажав кнопку POWER.
2. Поместить зонд в исследуемый грунт. Зонд должен находиться на глубине не менее 10 см от поверхности.
3. Чтобы во время проведения измерений удерживать на дисплее текущее значение, нажать кнопку HOLD, для выхода из этого режима нажать кнопку HOLD повторно, на дисплее будет показано текущее значение.

Работа 2. Определение максимальной гигроскопичности почвы

Задание: 1) освоить методику определения максимальной гигроскопичности почвы; 2) определить максимальную гигроскопичность почвенного образца.

Приборы и оборудование: алюминиевые бюксы, эксикатор, сушильный шкаф, аналитические весы.

Максимальной гигроскопичностью называют наибольшее количество воды, которое почва может поглотить из воздуха, насыщенного парами воды. Максимальная гигроскопичность в очень сильной степени зависит от гранулометрического состава почвы и содержания в ней гумуса. Чем тяжелее почва по гранулометрическому составу и больше содержится гумуса в ней, тем больше максимальная гигроскопичность.

Порядок выполнения работы. Для определения максимальной гигроскопичности навеску (10–20 г) абсолютно сухой почвы в бюксе помещают в эксикатор, на дне которого налит 10%-ный раствор серной кислоты или насыщенный раствор сернокислого калия. В эксикаторе над этим раствором создается относительная влажность воздуха 95–98 %. Насыщение ведется до постоянной массы, которая определяется повторным взвешиванием почвы. Насыщение продолжается в зависимости от условий 2–4 недели. После насыщения обычным вы-

сушиванием определяется влажность почвы, которая соответствует максимальной гигроскопичности.

Результаты взвешивания записываются в табл. 2.

Таблица 2. **Форма записи и расчета максимальной гигроскопичности почвы**

| № п. п. | Номер бюкса | Масса бюкса, г | Масса бюкса с почвой, г | | | Количество воды (В), г | Максимальная гигроскопичность, % |
|---------|-------------|----------------|-------------------------|-----------------|-------------------|------------------------|----------------------------------|
| | | | абсолютно сухой | после насыщения | после высушивания | | |
| | | | | | | | |

Максимальную гигроскопичность почвы рассчитывают по формуле

$$W_r = B : P_c \cdot 100,$$

где W_r – максимальная гигроскопичность, %;

B – количество воды, г;

P_c – масса абсолютно сухой почвы, г.

Оценка почвы с учетом максимальной гигроскопичности приведена в табл. 3.

Таблица 3. **Максимальная гигроскопичность и влажность завядания некоторых почв (в % к массе сухой почвы)**

| Почва | Влажность завядания | Максимальная гигроскопичность | Отношение влажности завядания к максимальной гигроскопичности |
|-------------------|---------------------|-------------------------------|---|
| Песчаная | 3,3 | 2,3 | 1,44 |
| Супесчаная | 6,3 | 4,4 | 1,45 |
| Легкосуглинистая | 9,7 | 6,5 | 1,49 |
| Среднесуглинистая | 13,9 | 9,8 | 1,42 |
| Тяжелосуглинистая | 16,8 | 11,4 | 1,43 |

Работа 3. Определение плотности сложения почвы (объемной массы)

Задание: 1) освоить методику определения плотности (объемной массы) почвы; 2) определить плотность почвы и по результатам анализа определить тип сложения обследуемого участка.

Приборы и оборудование: цилиндры, алюминиевые бюксы, линейка, сушильный шкаф, технические весы.

Объемной массой почвы называют массу 1 см³ (единицы объема) абсолютно сухой почвы в граммах при ее естественном сложении. Объемная масса выражается в граммах на кубический сантиметр (г/см³).

Объемная масса является важнейшей физической характеристикой почвы. Величина ее зависит от плотности сложения почвенных частиц, структурности, содержания гумуса и минералогического состава почвы. Чем меньше в ней содержание гумуса, тем больше ее плотность.

Объемная масса необходима для характеристики степени уплотненности или разрыхленности почвы, вычисления ее пористости, запасов воды, питательных веществ и массы почвы в определенном объеме. Почвы, имеющие объемную массу меньше 1,15 г/см³, считаются рыхлыми, от 1,15 до 1,35 г/см³ – плотными и свыше 1,35 г/см³ – очень плотными.

Характеристика дерново-подзолистой суглинистой почвы по степени уплотненности приведена в табл. 4.

Таблица 4. Типы сложения пахотного слоя дерново-подзолистых почв

| Тип сложения | Суглинистые и глинистые почвы | | Песчаные и супесчаные почвы | |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | Плотность, г/см ³ | Общая пористость, % от объема | Плотность, г/см ³ | Общая пористость, % от объема |
| Очень рыхлое | 0,9 | 65 | 1,2 | 55 |
| Рыхлое | 0,9–1,1 | 65–58 | 1,2–1,3 | 55–51 |
| Уплотненное | 1,1–1,2 | 58–54 | 1,3–1,4 | 51–47 |
| Среднеплотное | 1,2–1,3 | 54–50 | 1,4–1,5 | 47–43 |
| Плотное | 1,3–1,4 | 50–46 | 1,5–1,6 | 43–40 |
| Очень плотное | 1,4–1,5 | 46–42 | 1,6 | 40 |
| Предельно плотное | 1,5 | 42 | – | – |

Различают равновесную и оптимальную плотность.

Равновесная плотность – это плотность, которую почва длительное время сохраняет после ее рыхления и естественного оседания.

Оптимальная плотность – это та плотность, при которой создаются благоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур. Благоприятные условия водного, воздушного, теплового и пищевого режимов складываются в почве при величине объемной массы пахотного слоя почвы 0,9–1,3 г/см³. Культуры сплошного способа сева хорошо растут на почвах с плотностью пахотного слоя 1,1–1,3 г/см³, а для пропашных культур благоприятно более рыхлое состояние почвы при ее объемной массе 0,9–1,1 г/см³. Как на очень плотной

почве (более $1,4 \text{ г/см}^3$), так и на чрезмерно рыхлой (менее $0,9 \text{ г/см}^3$) рост и развитие сельскохозяйственных культур ухудшаются. Оптимальные значения плотности для большинства сельскохозяйственных культур равны $1,1\text{--}1,2 \text{ г/см}^3$ на суглинистых и $1,2\text{--}1,3 \text{ г/см}^3$ на супесчаных почвах.

Порядок выполнения работы. Образец почвы, взятый в поле, взвешивают вместе с патроном. Для вычисления объема почвы измеряют ее высоту в патроне и диаметр патрона. После взвешивания и измерений результаты заносят в рабочую тетрадь в виде табл. 5.

Таблица 5. Форма записи

| № п. п. | Показатели | Значения |
|---|--|----------|
| 1 | Слой почвы, см | |
| 2 | Номер патрона | |
| 3 | Высота почвы в патроне (h), см | |
| 4 | Диаметр патрона (D), см | |
| 5 | Объем патрона (образца почвы) (V), см^3 | |
| 6 | Масса пустого патрона, г | |
| 7 | Масса патрона с почвой во время взятия образца, г | |
| 8 | Масса почвы в патроне во время взятия образца (P_v), г | |
| 9 | Расчет влажности: | |
| | а) номер бюкса | |
| | б) масса пустого бюкса, г | |
| | в) масса бюкса с почвой до высушивания, г | |
| | г) масса бюкса с почвой после высушивания, г | |
| | д) масса испарившейся воды (d), г | |
| е) масса абсолютно сухой почвы (e), г | | |
| ж) влажность почвы (W), % | | |
| 10 | Масса абсолютно сухой почвы в патроне (P_c), г | |
| 11 | Плотность сложения (объемная масса) (Q), г/см^3 | |

Объем образца почвы в патроне определяют по формуле

$$V = \pi \cdot D^2 : 4 \cdot h,$$

где V – объем почвы в патроне, см^3 ;

π – 3,14;

D – диаметр режущей части патрона, см;

h – высота почвы в патроне, см.

Влажность почвы определяют по формуле

$$W = d : e \cdot 100,$$

где W – влажность почвы, %;

d – масса испарившейся воды, г;

e – масса абсолютно сухой почвы, г.

Массу абсолютно сухой почвы в патроне определяют, используя значение ее влажности, по формуле

$$P_c = (P_b \cdot 100) : (100 + W),$$

где P_c – масса абсолютно сухой почвы, г;

P_b – масса почвы в патроне во время взятия образца, г;

W – влажность почвы во время взятия образца, %.

Плотность сложения (объемную массу) почвы определяют по формуле

$$Q = P_c : V,$$

где Q – плотность сложения почвы, г/см³;

P_c – масса абсолютно сухой почвы в патроне, г;

V – объем почвы в патроне, см³.

После проведения расчетов выполняется оценка пригодности почвы под сельскохозяйственные культуры, исходя из данных табл. 6.

Таблица 6. **Оптимальная плотность почвы для сельскохозяйственных культур, г/см³ (Г. И. Баздырев, 2013)**

| Культуры | Оптимальные значения плотности |
|-----------------|--------------------------------|
| 1 | 2 |
| Горох | 1,0–1,20 |
| Гречиха | 1,1–1,20 |
| Картофель | 1,0–1,10 |
| Клевер | 1,2–1,40 |
| Кукуруза | 1,2–1,30 |
| Лен | 1,1–1,30 |
| Люцерна | 1,1–1,38 |
| Овес | 1,0–1,10 |
| Озимая пшеница | 1,19–1,3 |
| Озимый рапс | 1,1–1,20 |
| Озимый ячмень | 1,1–1,29 |
| Подсолнечник | 1,2–1,33 |
| Просо | 1,1–1,30 |
| Сахарная свекла | 1,1–1,20 |

| 1 | 2 |
|----------------|-----------|
| Сорго | 1,18–1,40 |
| Соя | 1,15–1,30 |
| Эспарцет | 1,19–1,39 |
| Яровая пшеница | 1,1–1,30 |
| Яровой ячмень | 1,1–1,29 |

Работа 4. Определение плотности твердой фазы почвы (удельной массы)

Задание: 1) освоить методику определения плотности твердой фазы (удельной массы) почвы; 2) определить удельную массу твердой фазы почвенного образца.

Приборы и оборудование: пикнометры на 100 мл, фарфоровая ступка, фарфоровый пестик, аналитические весы, электрическая плитка или песчаная баня, сито с отверстиями 1 мм, фильтровальная бумага, калька, воронка, дистиллированная вода.

Удельной массой почвы называют отношение массы ее твердой фазы к массе воды в том же объеме при температуре 4 °С. Обычно удельную массу выражают в граммах на кубический сантиметр ($\text{г}/\text{см}^3$), и она всегда больше плотности. Знание удельной массы почвы необходимо для расчета ее пористости. Удельная масса зависит от гранулометрического состава почвы и содержания гумуса. Чем богаче почва гумусом, тем меньше ее удельная масса. Удельная масса пахотного слоя дерново-подзолистых почв с содержанием гумуса 3–5 % колеблется от 2,54 до 2,63 $\text{г}/\text{см}^3$. В среднем для пахотного слоя дерново-подзолистой почвы она составляет 2,6 $\text{г}/\text{см}^3$. В малогумусных подпахотных горизонтах удельная масса почвы больше – 2,65–2,75 $\text{г}/\text{см}^3$.

Удельную массу почвы устанавливают с помощью пикнометра – мерного сосуда, позволяющего учитывать объем жидкости с большой точностью. Принцип этого метода заключается в определении объема частиц навески почвы, взятой для анализа, по вытесняемой ими жидкости.

Порядок выполнения работы. 1. Для определения удельной массы твердой фазы почвы используют пробу почвы из сушильного бюкса после установления ее влажности. Пробу почвы растирают в ступке и всю просеивают через сито с отверстиями 1 мм. Если крупные частицы почвы остаются нерастертыми и не попадают в среднюю пробу, результаты анализа будут неверными.

2. Взвешивают сухой пустой пикнометр (взвешивание и расчет при определении удельной массы почвы производят с точностью до 0,01 г).

3. Просеянную почву (10–15 г) помещают в пикнометр и взвешивают вместе с ним.

4. Для определения объема твердых частиц в навеске пикнометр с почвой наполняют водой (сначала до половины) и кипятят в течение 30 мин, чтобы удалить воздух из почвы. Нельзя допускать бурного кипения, так как это может привести к частичной потере воды из пикнометра и искажению результатов анализа.

5. После кипячения пикнометр охлаждают, наполняют его водой до риски, удаляют пузырьки воздуха и всплывшие частицы с помощью фильтровального жгутика. Снова доливают в пикнометр воду до риски и взвешивают.

6. Воду с почвой выливают из пикнометра, промывают его, наливают чистую воду до риски и взвешивают. Снаружи пикнометр должен быть сухим и чистым.

При определении удельной массы твердой фазы почвы записи ведут в рабочей тетради по форме табл. 7.

Таблица 7. Форма записи и расчета удельной массы почвы

| Слой почвы, см | Номер пикнометра | Масса, г | | | | Объем твердой части почвы (V), см ³ | Удельная масса почвы (D), г/см ³ |
|----------------|------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|------------------------|--|---|
| | | пустого пикнометра | пикнометра с почвой | абсолютно сухой почвы (P) | пикнометра с водой (M) | | |
| | | | | | | | |

По массе воды, вытесненной почвой, определяется ее объем:

$$V = M + P - C,$$

где V – объем воды, вытесненной почвой при погружении ее в пикнометр, см³;

M – масса пикнометра с водой, г;

P – навеска абсолютно сухой почвы, г;

C – масса пикнометра с водой и почвой, г.

Плотность твердой фазы почвы определяется как отношение массы абсолютно сухой почвы к объему ее твердой части (объем образца за вычетом объема пор):

$$D = P_c : V,$$

где D – удельная масса твердой фазы почвы, г/см³;

P_c – масса абсолютно сухой почвы, г;

V – объем твердой фазы почвы, равный объему воды, вытесненной при погружении почвы, см³.

Выводы по работе можно сделать, исходя из данных табл. 8.

Таблица 8. Плотность твердой фазы почвы, г/см³

| Глубина, см | Легкие почвы | Суглинистые и глинистые почвы |
|-------------|--------------|-------------------------------|
| 0–20 | 2,60 | 2,60 |
| 20–40 | 2,65 | 2,65 |
| 40–100 | 2,65 | 2,70 |
| 100 | 2,65 | 2,70 |

Работа 5. Определение уплотнения почвы в полевых условиях

Уплотнение почвы возможно при любом типе почвы. При вспашке и обработке почвы колеса тяжелой сельскохозяйственной техники давят на ее поверхность. При постоянном давлении частицы почвы плотнее прилегают друг к другу и заполняют воздушные промежутки, образуя в местах движения техники мощное уплотнение почвы – плужную подошву. Уплотнения препятствуют поступлению влаги и нормальному развитию корневой системы сельскохозяйственных культур. Одни типы почв подвержены риску возникновения уплотнений в большей степени, чем другие. При движении техники по поверхности уплотненный слой почвы будет постоянно увеличиваться.

Обработка уплотненной почвы требует больших усилий, временных и денежных затрат.

Плужная подошва препятствует проникновению влаги в глубокие слои почвы. Отсутствие влаги замедляет рост растений и снижает урожайность, особенно в засушливые периоды. Застой влаги в поверхностном слое почвы затрудняет обработку полей весной и осенью.

В уплотненных почвах происходит быстрое вымывание минеральных удобрений или накапливается их высокая концентрация.

Вследствие быстрого вымывания растения не успевают впитывать минеральные удобрения. Высокая концентрация удобрений в уплотненной почве вызывает отравление растений. В обоих случаях урожайность заметно снижается.



Рис. 3. Плотномер

основывается на единице измерения Psi – фунт на квадратный дюйм.

Цвет сегмента на циферблате показывает значение плотности:



Рис. 4. Циферблат плотномера

Плотномер почвы (рис. 3), или пенетромтр, – это прибор, измеряющий плотность (сопротивление почвы при введении его в почву).

Технические характеристики:

плотномер поставляется в комплекте с двумя наконечниками: диаметром ½ дюйма (1,27 см, маленький наконечник) для проведения измерений плотности в твердом грунте и диаметром ¾ дюйма (1,91 см, большой наконечник) для проведения измерений плотности в мягком грунте. На циферблате плотномера (рис. 4) для каждого наконечника имеется своя шкала. Шкала

зеленый сегмент (соответствует 0–14 кг/см²) – благоприятные условия произрастания;

желтый сегмент (соответствует 14–21 кг/см²) – приемлемые условия произрастания;

красный сегмент (соответствует 21 кг/см² и более) – неблагоприятные условия.

Порядок выполнения работы.

1. Ослабить винт защитного зажима на шупе и опустить зажим на расстояние как минимум 1 дюйм (2,54 см) от пластикового корпуса.
2. В комплект плотномера входят два наконечника. Наконечники вкручены в корпус плотномера. Чтобы снять наконечник, следует открутить его.
3. Установить плотномер наконечником вниз строго перпендикулярно к поверхности почвы. Медленно надавить шуп плотномера для введения его в почву.

4. На щуп плотномера нанесены отметки глубины. Зафиксировать показания плотномера на глубинах 3 дюйма (7,62 см); 6 (15,24); 9 (22,86); 12 (30,48); 15 (38,10) и 18 дюймов (45,72 см) (обязательно выбирать шкалу на циферблате в соответствии с используемым накопником).

5. При обнаружении плужной подошвы чувствуется, что усилие, необходимое для введения плотномера в почву, увеличилось, и стрелка индикатора постепенно перемещается в красный сегмент циферблата. После окончания слоя уплотнения стрелка индикатора вернется в желтый или зеленый сегмент. Следует зафиксировать глубину начала и окончания уплотненного слоя. Для получения достоверного результата необходимо провести несколько измерений.

Работа 6. Расчет общей пористости почвы (скважности)

Задание: 1) ознакомиться с методикой расчета общей пористости почвы; 2) рассчитать общую пористость по результатам, полученным при выполнении работ по определению объемной и удельной массы почвы.

Общей пористостью называют сумму всех пор почвы, выражают ее в процентах от объема почвы. Почвенные поры представляют собой различные по величине и форме промежутки, которые образуются в результате неплотного прилегания друг к другу комков и частиц почвы. От величины пористости почвы в значительной мере зависит ее плодородие. В порах размещаются вода, воздух, корни растений, микроорганизмы, протекают различные почвенные процессы. Знание общей пористости необходимо для вычисления содержания воздуха, полной влагоемкости почвы и других показателей.

Общая пористость находится в тесной зависимости от плотности и удельной массы почвы. Поэтому чем рыхлее почва, тем больше в ней общая пористость и меньше плотность. Величину общей пористости, как и величину плотности, используют при характеристике степени уплотненности почвы.

Благоприятные условия водно-воздушного и теплового режимов складываются в почве, имеющей рыхлое или несколько уплотненное состояние пахотного слоя при величине общей пористости 50–65 %.

Культуры сплошного сева хорошо растут на уплотненных почвах с общей пористостью 50–58 %, а для пропашных культур более благоприятны рыхлые почвы, имеющие общую пористость 58–65 %.

На очень плотной почве, как и на чрезмерно рыхлой, рост и развитие сельскохозяйственных культур ухудшаются. При общей пористости в подпахотном слое меньше 48 % (под корнеплоды) и меньше 44 % (под зерновые) необходимо проводить рыхление.

Оптимальные показатели пористости зависят от состояния увлажнения почвы. Например, при недостаточном увлажнении даже при небольшой пористости аэрация почвы может быть нормальной, а при переувлажнении почвы, имеющей повышенную пористость, аэрация может быть слабой.

Порядок выполнения работы. При расчете общей пористости записи ведут в рабочей тетради по форме табл. 9.

Таблица 9. Форма записи и расчета

| Слой почвы, см | Плотность, г/см ³ | Удельная масса, г/см ³ | Общая пористость, % |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| 0–10 | 1,1 | 2,6 | 58,0 |

Общая пористость определяется расчетным путем по следующей формуле:

$$V_{\text{общ}} = (1 - Q : D) \cdot 100,$$

где $V_{\text{общ}}$ – общая пористость, %;

Q – плотность сложения почвы, г/см³;

D – удельная масса твердой фазы почвы, г/см³.

Оценка уплотненности почвы проводится, исходя из данных табл. 10.

Таблица 10. Оценка уплотненности почвы по общей пористости для дерново-подзолистых суглинистых почв с содержанием гумуса 3–5 %

| Слой почвы | Удельная масса почвы, г/см ³ | Степень уплотнения почвы и ее пористость, % | | | | |
|-------------|---|---|--------|-------------|---------|---------------|
| | | Очень рыхлая | Рыхлая | Уплотненная | Плотная | Очень плотная |
| Пахотный | 2,60 | 65 | 65–58 | 58–50 | 50–46 | 46 |
| Подпахотный | 2,70 | – | 52 | 52–54 | 48–41 | 46 |

Работа 7. Определение содержания воды и воздуха в почве

Задание: 1) освоить методику определения содержания воды и воздуха в почве; 2) используя данные, полученные в работах по определению влажности почвы и расчету общей пористости почвы, определить соотношение воды и воздуха в исследуемом образце почвы.

Вода и воздух размещаются в порах, в промежутках между твердыми частицами почвы. Чем больше пористость почвы, тем больше в ней может содержаться воды и воздуха. Жизнедеятельность растений и почвенных микроорганизмов в значительной мере определяется наличием в почве влаги при достаточном количестве воздуха.

Количество воздуха в почве, или воздухосодержание, зависит от общей пористости и степени увлажнения, так как воздух находится в порах, не занятых водой. Следовательно, при одинаковой пористости почвы может быть разное соотношение воды и воздуха.

При снижении воздухосодержания ниже 10–12 % от объема почвы резко ухудшается газообмен между почвенным и атмосферным воздухом, что приводит к замедлению роста растений и их гибели.

Порядок выполнения работы. Определение содержания воды и воздуха в почве производится путем вычислений. Для этого необходимы данные о влажности, плотности и пористости почвы.

Результаты вычислений заносят в рабочую тетрадь в виде табл. 11.

Таблица 11. Форма записи

| № п. п. | Показатели | Значения |
|---------|--|----------|
| 1 | Слой почвы, см | |
| 2 | Общая пористость ($V_{\text{общ}}$), % | |
| 3 | Влажность почвы (W), % от ее массы | |
| 4 | Плотность почвы (Q), г/см ³ | |
| 5 | Влажность почвы (W_v), % от ее объема | |
| 6 | Воздухосодержание ($V_{\text{возд}}$), % | |
| 7 | Содержание воды, % от общей пористости | |
| 8 | Содержание воздуха, % от общей пористости | |

Сначала вычисляют влажность почвы по формуле

$$W_v = W \cdot Q,$$

где W_v – влажность почвы, % от ее объема;

W – влажность почвы, % от ее массы;

Q – плотность сложения почвы, г/см³.

Воздухосодержание определяется по разности между пористостью и объемной влажностью почвы:

$$V_{\text{возд}} = V_{\text{общ}} - W_v,$$

где $V_{\text{возд}}$ – воздухосодержание, %;

$V_{\text{общ}}$ – общая пористость, %;

W_v – влажность почвы, % от ее объема.

Содержание воды (в % от общей пористости) определяется по формуле

$$\text{Содержание воды} = W_v : V_{\text{общ}} \cdot 100,$$

где W_v – влажность почвы, % от ее объема;

$V_{\text{общ}}$ – общая пористость, %.

Содержание воздуха (в % от общей пористости) определяется по формуле

$$\text{Содержание воздуха} = V_{\text{возд}} : V_{\text{общ}} \cdot 100,$$

где $V_{\text{возд}}$ – воздухосодержание, %;

$V_{\text{общ}}$ – общая пористость, %.

Оптимальные условия водо- и воздухообеспечения растений создаются при наличии 55–80 % воды и 20–45 % воздуха от общей пористости почвы (табл. 12).

Таблица 12. Оптимальное содержание воды и воздуха в почве, необходимое для нормального роста сельскохозяйственных культур

| Культуры | Содержание в % от общей пористости | |
|-----------|------------------------------------|---------|
| | воды | воздуха |
| Пропашные | 55–65 | 35–45 |
| Зерновые | 65–75 | 25–35 |
| Травы | 70–80 | 20–30 |

Работа 8. Определение капиллярной и полной влагоемкости почвы

Задание: 1) освоить методику определения влагоемкости; 2) определить влагоемкость почвы участка.

Приборы и оборудование: патроны, марля, аналитические весы, фильтровальная бумага, чашка Петри.

Почва обладает способностью удерживать воду в мелких капиллярных порах. Капиллярная вода передвигается под действием менисковых сил. Наибольшее количество воды, которое может удержать почва при непосредственном соприкосновении с уровнем грунтовых вод, называют капиллярной влагоемкостью. Плотные почвы тяжелого гранулометрического состава с повышенной капиллярной пористостью отличаются более высокой капиллярной влагоемкостью.

При близком залегании грунтовых вод капиллярная влагоемкость примерно достигает полевой влагоемкости, под которой понимают наибольшее количество воды, удерживаемое почвой в подвешенном состоянии без подтока воды снизу. Следовательно, по капиллярной влагоемкости можно определить приближенно величину полевой влагоемкости, знание которой позволяет установить: 1) продуктивную влагоемкость почвы, т. е. наибольшее количество доступной для растений влаги, которое может содержать почва; 2) пористость аэрации; 3) капиллярную пористость.

При увлажнении почвы, равном полевой влагоемкости, необходимо применять меры для предотвращения капиллярного подтока воды к поверхности и ее испарения из почвы путем рыхления поверхности.

Капиллярная влагоемкость в лабораторных условиях определяется методом насыщения образцов почвы ненарушенного сложения в патронах на мокрой фильтровальной бумаге.

Порядок выполнения работы. 1. Для определения капиллярной влагоемкости используют образец в патроне после определения плотности. Крышки патронов снимают, с нижней стороны патрона подвешивают марлю с фильтровальной бумагой, чтобы предотвратить потерю почвы. Марля и фильтровальная бумага в увлажненном состоянии должны быть взвешены. К этой массе прибавляют массу патрона с почвой до насыщения. Патрон с почвой ставят в ванну на фильтровальную бумагу, концы которой опущены в воду. Крышки кладут наверх патрона. Насыщение длится 1–4 дня в зависимости от гранулометрического состава и содержания органического вещества в почве и от ее исходной влажности.

Полное насыщение капилляров влагой определяется по изменению окраски почвы в верхней части патрона, которое происходит при капиллярном увлажнении всей почвы в патроне. После насыщения марлю слегка отжимают, патрон с почвой и крышками взвешивают. Результаты взвешивания записывают в рабочую тетрадь. После взвешивания патрон с почвой используют в последующем при определении полной влагоемкости.

При определении капиллярной влагоемкости запись ведут по форме табл. 13.

Таблица 13. Форма записи и расчета капиллярной влагоемкости

| Слой почвы, см | Номер патрона | Масса патрона с почвой после капиллярного насыщения, г | Масса патрона с марлей, г | Масса сухой почвы в патроне (P_c), г | Масса воды в почве (B), г | Капиллярная влагоемкость (КВ), % |
|----------------|---------------|--|---------------------------|--|-------------------------------|----------------------------------|
| | | | | | | |

Значение массы сухой почвы берется из работы по определению плотности сложения почвы (объемной массы). Масса воды в почве устанавливается по разности между массой патрона с почвой после насыщения и массой патрона плюс масса сухой почвы.

Капиллярная влагоемкость почвы находится по формуле

$$KB = B \cdot 100 : P_c,$$

где КВ – капиллярная влагоемкость, % от массы сухой почвы;

B – масса воды в почве, г;

P_c – масса сухой почвы, г.

2. В почве более тяжелого гранулометрического состава больше содержится органического вещества, она рыхлее и выше ее полная влагоемкость. Знание полной влагоемкости и полевой влажности почвы позволяет судить о ее физической спелости и влагообеспеченности растений.

Полную влагоемкость определяют после капиллярного насыщения почвы в патроне, который ставят в банку с водой. Вода должна полностью покрывать почвенный образец. После насыщения, которое длится не более одного дня, патрон с почвой вынимают из ванны, закрывают крышкой и взвешивают. Результаты взвешивания записывают в рабочую тетрадь.

При рыхлом и очень рыхлом сложении почвы часть воды не удерживается почвой. В этом случае необходимо над почвой держать слой воды в 1–3 см, а при изъятии патрона из воды под него нужно подставить чашку Петри в тот момент, когда зеркало воды сольется с поверхностью почвы. Избыточную воду, стекшую в чашку, следует отнести к массе полной влагоемкости.

При определении полной влагоемкости запись ведут по форме табл. 14.

Таблица 14. Форма записи и расчета полной влагоемкости

| Слой почвы, см | Номер патрона | Масса патрона с почвой после полного насыщения, г | Масса патрона с марлей, г | Масса сухой почвы в патроне (P_c), г | Масса воды в почве (B), г | Полная влагоемкость ($PВ_1$), % от массы сухой почвы | Полная влагоемкость ($PВ_2$), % от массы почвы по общей пористости |
|----------------|---------------|---|---------------------------|--|-------------------------------|--|--|
| | | | | | | | |

Масса сухой почвы берется из работы по определению плотности сложения почвы (объемной массы). Масса воды в почве устанавливается по разности между массой патрона с почвой после полного насыщения и массой пустого патрона с марлей плюс масса сухой почвы.

Полная влагоемкость почвы находится по формуле

$$PВ_1 = B \cdot 100 : P_c,$$

где $PВ_1$ – полная влагоемкость, % от массы сухой почвы;

B – масса воды в почве, г;

P_c – масса сухой почвы, г.

Вычисление полной влагоемкости почвы производят по формуле

$$PВ_2 = V_{\text{общ}} : Q,$$

где $PВ_2$ – полная влагоемкость, % от массы почвы по общей ее пористости;

$V_{\text{общ}}$ – общая пористость, %;

Q – плотность сложения почвы, г/см³.

Таким образом, полную влагоемкость почвы можно установить вычислением по ее общей пористости. При сплошной заполненности пор полная влагоемкость численно должна быть равна объему пор почвы.

Работа 9. Способы выражения влажности почвы

Задание: 1) изучить способы выражения влажности и провести расчеты влажности; 2) определить запасы продуктивной и общей влаги; 3) дать оценку почве по запасам влаги.

В зависимости от целей, для которых используются данные, влажность почвы может выражаться различными способами (табл. 15).

Таблица 15. Форма записи и расчетов

| Показатели | Значение |
|--|----------|
| Влажность почвы (W), % от массы сухой почвы | |
| Влажность почвы (W_v), % от объема | |
| Запас влаги в слое почвы 10 см ($W_{мм}$), мм | |
| Запас воды для слоя почвы 10 см (W_m^3), м ³ /га | |
| Относительная влажность почвы ($W_{отн}$), % от капиллярной влагоемкости | |
| Относительная влажность почвы ($W_{отн}$), % от полной влагоемкости | |
| Максимальная гигроскопичность ($W_г$), % | |
| Запас продуктивной влаги ($W_{пр}$), % | |
| Продуктивная влагоемкость ($W_{прод. \text{ влаг.}}$), % | |
| Дефицит запаса почвенной влаги (W_d), % | |

Порядок выполнения работы: 1. Содержание влаги при определении влажности почвы выражают в процентах от массы сухой почвы:

$$W = B : P_c \cdot 100,$$

где W – влажность, %;

B – количество испарившейся воды, г;

P_c – масса абсолютно сухой почвы, г.

2. Для расчетов часто необходимо вычислять влажность в процентах от объема почвы. Вычисление производится умножением влажности почвы, выраженной в процентах от массы сухой почвы, на объемную массу:

$$W_v = W \cdot Q,$$

где W_v – влажность почвы, % от ее объема;

W – влажность почвы, % от ее массы;

Q – плотность сложения почвы, г/см³.

3. По аналогии с учетом количества выпавших осадков запасы воды в почве выражают в миллиметрах водного слоя. Запас влаги в миллиметрах в слое почвы 10 см численно равен влажности, выраженной в процентах от объема почвы:

$$W_{мм} = W_v,$$

где $W_{мм}$ – запас влаги в слое почвы 10 см, мм;

W_v – влажность почвы, % от ее объема.

Каждый миллиметр выпавших осадков на 1 га составляет 10 м^3 , или 10 т.

4. В практике, например, при установлении норм полива запасы влаги в почве выражают в кубометрах или тоннах на 1 га путем умножения величины влажности в миллиметрах водяного столба ($W_{\text{мм}}$) на 10:

$$W_{\text{м}}^3 = W_{\text{мм}} \cdot 10,$$

где $W_{\text{м}}^3$ – запас воды для слоя почвы 10 см, $\text{м}^3/\text{га}$;

$W_{\text{мм}}$ – запас влаги в слое почвы 10 см, мм.

5. Для оценки степени обеспеченности почвы влагой вычисляют относительную влажность почвы. Относительная влажность представляет собой отношение количества влаги, содержащейся в почве в данный момент, к количеству воды, насыщающей почву до ее влагоемкости (полной, полевой).

Относительная влажность рассчитывается по формуле

$$W_{\text{отн}} = W \cdot 100 : \text{ПВ}, \text{ или } W_{\text{отн}} = W \cdot 100 : \text{КВ},$$

где $W_{\text{отн}}$ – относительная влажность, %;

W – влажность почвы, % от ее массы;

ПВ – полная влагоемкость, %;

КВ – капиллярная влагоемкость, %.

Оптимальной для роста растений является относительная влажность 60–70 % от полной влагоемкости.

6. Принято считать, что влажность завядания примерно в полтора раза больше максимальной гигроскопичности:

$$W_{\text{зав}} = W_{\text{г}} \cdot 1,5,$$

где $W_{\text{зав}}$ – влажность завядания, %;

$W_{\text{г}}$ – максимальная гигроскопичность, %.

7. В агрономической оценке водного режима почв важное значение имеет установление количества продуктивной влаги. Продуктивной влагой называют всю почвенную влагу (в пределах полевой влагоемкости) сверх величины влажности завядания. Запас продуктивной влаги определяется по разности между фактической влажностью почвы и влажностью завядания растений:

$$W_{\text{пр}} = W - W_{\text{зав}},$$

где $W_{\text{пр}}$ – запас продуктивной влаги, %;

W – фактическая влажность, %;

$W_{\text{зав}}$ – влажность завядания, %.

Оценку запасов продуктивной влаги принято производить по следующей шкале (табл. 16).

Таблица 16. Запасы влаги, мм

| Показатели | Слои почвы, см | |
|----------------------|----------------|----------|
| | 0–20 | 0–100 |
| Хорошие | Более 40 | 130–160 |
| Удовлетворительные | 20–40 | 90–130 |
| Неудовлетворительные | Менее 20 | 60–90 |
| Очень плохие | – | Менее 60 |

8. Наибольшее количество продуктивной влаги, которое может удержать почва, называют продуктивной влагоемкостью. Она определяется по формуле

$$W_{\text{прод. влаг}} = \text{ПВ} - W_{\text{зав}},$$

где $W_{\text{прод. влаг}}$ – продуктивная влагоемкость, %;

ПВ – полная влагоемкость, %;

$W_{\text{зав}}$ – влажность завядания, %.

9. При расчете поливной нормы, а также для суждения об обеспеченности растений влагой устанавливают дефицит запаса почвенной влаги, который подсчитывается по формуле

$$W_{\text{д}} = \text{ПВ} - W,$$

где $W_{\text{д}}$ – дефицит запаса почвенной влаги, %;

ПВ – полная влагоемкость, %;

W – влажность почвы, % от ее массы.

Работа 10. Определение видов пористости

Задание: произвести расчеты по определению строения пахотного слоя почвы с использованием данных по определению плотности, удельной массы твердой фазы, капиллярной и полной влагоемкости почвы.

В агрономических целях почвенные поры в зависимости от их размера и характера движения воды и воздуха в них подразделяются на крупные (некапиллярные) поры, капиллярные и ультрапоры (мельчайшие).

В крупных (некапиллярных) порах вода движется только под действием силы тяжести. При избыточном увлажнении почвы они служат каналами для тока воды. Обычно эти поры заняты подвижным воздухом и обеспечивают постоянную аэрацию почвы. Суммарный объем пор также называют пористостью аэрации.

В капиллярных порах свободная вода движется под действием менисковых сил и ее движение возможно в любом направлении. В них находится основной запас полезной для растений влаги. Движение воздуха в капиллярных порах замедленное и падает по мере уменьшения их диаметра.

В мельчайших порах (ультрапорах) движение свободной воды отсутствует. Они обычно заполнены связанной водой, адсорбированной почвой и недоступной для растений. Суммарный объем этих пор называют пористостью гидратации. В агрономическом отношении наибольшую ценность представляют поры аэрации (крупные, некапиллярные) и капиллярные. В них размещается воздух, доступная для растений влага, корни растений и микроорганизмы.

От соотношения некапиллярных и капиллярных пор зависят водные и воздушные свойства почвы. Поры гидратации не имеют полезного значения в обеспечении нормального водно-воздушного режима.

В практике земледелия при установлении роли различных агротехнических приемов (обработка, чередование культур, внесение удобрений и др.) в изменении физических свойств определяют строение пахотного и подпахотного слоев почвы. Под строением пахотного слоя понимают соотношение объемов твердых частиц почвы и различных видов пор (пор аэрации, капиллярных пор и пор гидратации).

Оптимальные условия водного, воздушного и теплового режимов создаются в дерново-подзолистой почве при величине общей пористости в пахотном слое 50–65 % и отношении пор аэрации и капиллярной пористости к пористости гидратации 2:3. Это значит, что если общая пористость данной почвы составляет 49,6 %, то пористость аэрации должна составлять при оптимальных условиях 20 %, а капиллярная и пористость гидратации – 30 %. При уплотнении почвы уменьшается общая пористость, резко возрастает капиллярная пористость и уменьшается некапиллярная. Чрезмерное уплотнение почвы увеличивает

пористость гидратации и резко ухудшает аэрацию почвы, так как капиллярные поры обычно заняты водой, а поры гидратации в аэрации не участвуют.

Чем тяжелее гранулометрический состав почвы, тем быстрее уплотняется почва и больший процент в ней составляет капиллярная пористость. В песчаных почвах обычно бывает больше пор аэрации.

Порядок выполнения работы. Для установления строения пахотного слоя определяют объем, занимаемый в почве твердыми частицами, и пористость: общую, аэрации (крупные некапиллярные поры), капиллярную и гидратации. При расчете этих величин из предшествующих работ необходимо взять значения объемной и удельной массы почвы, капиллярной влагоемкости и влажности завядания.

При определении пахотного слоя почвы следует вести записи по форме табл. 17.

Таблица 17. Форма записи расчетов

| Показатели | Значение |
|---|----------|
| Слой почвы, см | |
| Объемная масса почвы (Q), г/см ³ | |
| Удельная масса твердой фазы почвы (D), г/см ³ | |
| Влажность завядания ($W_{зав}$), % | |
| Капиллярная влагоемкость ($KВ$), % | |
| Объем твердых частиц (V_T), % | |
| Общая пористость ($V_{общ}$), % | |
| Пористость гидратации ($V_{гид}$), % | |
| Капиллярная пористость ($V_{кап}$), % | |
| Суммарный объем капиллярных пор и пор гидратации ($V_{кап} + V_{гид}$), % | |
| Пористость аэрации ($V_{аэр}$), % | |

1. Объем твердых частиц в процентах от общего объема почвы находят по формуле

$$V_T = Q : D \cdot 100,$$

где V_T – объем твердых частиц, %;

Q – объемная масса почвы, г/см³;

D – удельная масса твердой фазы почвы, г/см³.

2. Общую пористость вычисляют по формуле

$$V_{общ} = (1 - Q : D) \cdot 100,$$

где $V_{\text{общ}}$ – общая пористость, %;

Q – плотность сложения почвы, г/см³;

D – удельная масса твердой фазы почвы, г/см³.

Как видно из этих формул, сумма объемов твердых частиц почвы и всех пор составляет 100 % от объема почвы.

3. Пористость гидратации соответствует по величине влажности завядания, выраженной в процентах от объема почвы:

$$V_{\text{гид}} = W_{\text{зав}} \cdot Q,$$

где $V_{\text{гид}}$ – пористость гидратации, %;

$W_{\text{зав}}$ – влажность завядания, %;

Q – плотность сложения почвы, г/см³.

4. Капиллярную пористость определяют по формуле

$$V_{\text{кап}} = KB \cdot Q - V_{\text{гид}},$$

где $V_{\text{кап}}$ – капиллярная пористость, %;

KB – капиллярная влагоемкость, %;

Q – плотность сложения почвы, г/см³;

$V_{\text{гид}}$ – пористость гидратации, %.

Суммарный объем капиллярных пор и пор гидратации устанавливают по капиллярной влагоемкости. При капиллярном насыщении эти поры заполняются водой. Следовательно, капиллярная влагоемкость, выраженная в процентах от объема почвы, численно соответствует суммарному объему капиллярных пор и пор гидратации:

$$V_{\text{кап}} + V_{\text{гид}} = KB \cdot Q.$$

5. Пористость аэрации (объем крупных, некапиллярных пор) устанавливают вычитанием из общей пористости значений капиллярной пористости и пористости гидратации:

$$V_{\text{аэр}} = V_{\text{общ}} - V_{\text{гид}} - V_{\text{кап}},$$

где $V_{\text{аэр}}$ – пористость аэрации, %;

$V_{\text{общ}}$ – общая пористость, %;

$V_{\text{гид}}$ – пористость гидратации, %;

$V_{\text{кап}}$ – капиллярная пористость, %.

Полученные величины объема твердых частиц и пористости – общей, аэрации, капиллярной, гидратации – используют для построения графика. График строения пахотного слоя имеет форму прямоугольника, площадь которого принимают за 100 % объема почвы.

График строения пахотного слоя почвы

| Объем твердых частиц почвы, % | | Общая пористость, % | |
|-------------------------------|-----------|---------------------|-----------|
| V_m | $V_{гид}$ | $V_{кап}$ | $V_{аэр}$ |
| 42,2 | 10,7 | 15,1 | 32,0 |

Зная объемную массу и общую пористость, можно провести оценку качества строения пахотного слоя почвы (табл. 18).

Таблица 18. Оценка качества строения (слоения) пахотного слоя

| Тип слоения | Суглинистые и глинистые почвы | | Песчаные и супесчаные почвы | |
|-------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|
| | Объемная масса, г/см ³ | Общая пористость, % | Объемная масса, г/см ³ | Общая пористость, % |
| Очень рыхлое | Менее 0,9 | Более 65 | Менее 1,2 | Более 55 |
| Рыхлое | 0,9–1,1 | 65–58 | 1,2–1,3 | 55–50 |
| Уплотненное | 1,1–1,2 | 58–54 | 1,3–1,4 | 51–40 |
| Среднеплотное | 1,2–1,3 | 54–50 | 1,4–1,5 | 47–40 |
| Плотное | 1,3–1,4 | 50–46 | 1,5–1,6 | 43–40 |
| Очень плотное | 1,4–1,5 | 46–42 | Более 1,6 | Менее 40 |
| Предельно плотное | Более 1,5 | Менее 42 | – | – |

Работа 11. Оценка строения пахотного слоя почвы

Задание: дать оценку строению пахотного слоя почвы после разных предшественников.

Для оценки строения пахотного слоя используют данные, полученные при выполнении работ 1–10.

Строение пахотного слоя зависит от гранулометрического состава, структуры почвы, взаимного расположения почвенных частиц, способов обработки, развития корневых систем растений и деятельности почвенной фауны.

Порядок выполнения работы. После выполнения работ 1–10 полученные данные сводятся в табл. 19.

Таблица 19. Оценка строения пахотного слоя почвы

| № п. п. | Показатели | Условные обозначения, единицы измерения | Номер работы | Значение |
|---------|--|---|--------------|----------|
| 1 | Влажность почвы | W , % | 1 | |
| 2 | Максимальная гигроскопичность | $W_{гг}$, % | 2 | |
| 3 | Плотность сложения (объемная масса) | Q , г/см ³ | 3 | |
| 4 | Объем твердой части почвы | V , см ³ | 4 | |
| 5 | Удельная масса твердой фазы почвы | D , г/см ³ | 4 | |
| 6 | Общая пористость | $V_{общ}$, % | 6 | |
| 7 | Влажность почвы | W_v , % от ее объема | 7 | |
| 8 | Воздухосодержание | $V_{возд}$, % | 7 | |
| 9 | Содержание воды | % от общей пористости | 7 | |
| 10 | Содержание воздуха | % от общей пористости | 7 | |
| 11 | Капиллярная влагоемкость | КВ, % | 8 | |
| 12 | Полная влагоемкость | ПВ, % от массы сухой почвы | 8 | |
| 13 | Полная влагоемкость | ПВ, % от массы почвы по общей пористости | 8 | |
| 14 | Запас влаги в слое почвы 10 см | $W_{мм}$, мм | 9 | |
| 15 | Запас воды для слоя почвы 10 см | W_m^3 , м ³ /га | 9 | |
| 16 | Относительная влажность почвы | $W_{отн}$, % от капиллярной влагоемкости | 9 | |
| 17 | Относительная влажность почвы | $W_{отн}$, % от полной влагоемкости | 9 | |
| 18 | Запас продуктивной влаги | $W_{пр}$, % | 9 | |
| 19 | Продуктивная влагоемкость | $W_{прод. влаг.}$, % | 9 | |
| 20 | Дефицит запаса почвенной влаги | W_d , % | 9 | |
| 21 | Объем твердых частиц | $V_{тв}$, % | 10 | |
| 22 | Пористость гидратации | $V_{гид}$, % | 10 | |
| 23 | Капиллярная пористость | $V_{кап}$, % | 10 | |
| 24 | Суммарный объем капиллярных пор и пор гидратации | $V_{кап} + V_{гид}$, % | 10 | |
| 25 | Пористость аэрации | $V_{азр}$, % | 10 | |

Оптимальное строение (сложение) пахотного слоя оказывает большое влияние на водный и воздушный режим почвы, газообмен между почвой и атмосферой, микробиологическую активность почвы.

Работа 12. Определение структурного состава почвы

Задание: 1) освоить методику определения структурного состава почвы; 2) определить агрегатный состав образца почвы и водопрочность агрегатов; 3) дать оценку структурному составу почвы.

Приборы и оборудование: прибор И. М. Бакшеева, набор сит, ча-сы, промывалка, фарфоровые чашки, подставка под цилиндры, водяная баня, технические весы, прибор типа HAVER EML 200 Premium.

Под структурным составом почвы понимают содержание различных по величине, форме, прочности, пористости комочков, называемых агрегатами, а способность ее распадаться на отдельные комочки называют структурностью. Структурный состав почвы является одним из показателей степени ее плодородия и окультуренности. Чем большая часть почвенных частиц агрегатирована в комки, тем выше агрономическая ценность почвы. Это связано с тем, что структурная почва обладает рядом более благоприятных свойств для сельскохозяйственных культур по сравнению с бесструктурной или малоструктурной. Структурная почва обладает хорошей водопроницаемостью, воздухопроницаемостью, при обработке лучше крошится, распадаясь на мелкокомковатые агрегаты. Бесструктурная, распыленная почва быстро заплывает и уплотняется, на поверхности ее часто образуется почвенная корка, резко ухудшается воздухо- и водопроницаемость. Бесструктурные почвы трудно поддаются обработке – плохо крошатся и образуют глыбы.

В агрономическом отношении ценными считают комковато-зернистые агрегаты размером от 0,25 до 10 мм. Более крупные комки относят к глыбистой части почвы, а более мелкие составляют распыленную часть. В засушливых условиях имеют наибольшее значение мелкие агрегаты, на переувлажненных почвах – более крупные. Агрегаты размером менее 0,25 мм называют микроагрегатами, более 0,25 мм – макроагрегатами.

Важным качеством структуры почвы является ее водопрочность, под которой понимают способность почвенных агрегатов противостоять размывающему действию воды. Водопрочная структура меньше разрушается и более длительное время сохраняет благоприятное строение, приданное почве механической обработкой.

Важное агрономическое значение имеет не только мелкокомковатая водопрочная структура, а все агрегаты пахотного слоя, на которые распадается почва при обработке.

Количество агрегатов, их размеры, прочность и пористость зависят от содержания гумуса в почве, ее гранулометрического состава, спосо-

ба обработки и биологических особенностей возделываемых культур. Структурность почвы улучшается при внесении удобрений, правильной обработке и рациональном чередовании культур.

При определении структурного состава почвы наиболее распространенным является ситовой метод Н. И. Саввинова. Метод состоит из двух этапов: обычное просеивание воздушно-сухой почвы (сухой рассев) и просеивание этой же почвы в воде (мокрый рассев). Сухим просеиванием устанавливают общее количество агрегатов различного размера, мокрым просеиванием – количество водопрочных агрегатов почвы. Данные, полученные этим методом, используют для сравнительной оценки влияния на структурный состав почвы различных агротехнических приемов: механической обработки, чередования культур и применения искусственных структурообразователей, внесения удобрений и др.

Порядок выполнения работы. 1. С исследуемого участка берут образец почвы и доводят его до воздушно-сухого состояния. Образец берут в виде монолита массой 1,0–1,5 кг на глубину 0–10 и 10–20 см.

2. Для сухого просеивания берут среднюю пробу воздушно-сухой почвы массой 1 кг и просеивают на колонке почвенных сит, составленных в такой последовательности: нижнее сито с отверстиями диаметром 0,25 мм, затем 0,5; 1; 3; 5; 7; 10 мм. Внизу колонки сит ставится поддон, а сверху крышка. Просеивание осуществляется без встряхиваний. По мере прохода мелких агрегатов сита одно за другим снимаются. Фракции агрегатов с каждого сита переносят на бумагу и взвешивают. Массу каждой фракции записывают в табл. 20 и определяют процентное содержание каждой фракции.

Таблица 20. Агрегатный состав почвы

| Просеивание воздушно-сухой почвы | | | Средняя проба для определения водопрочных агрегатов, г | Просеивание в воде | | | | |
|----------------------------------|-------------------------|-----------------------|--|--------------------|-------------|-------------------------|----------------|-----------------------|
| Размер фракций, мм | Масса каждой фракции, г | Содержание фракции, % | | Размер фракций, мм | Чашка номер | Масса чашки с почвой, г | Масса почвы, г | Содержание фракции, % |
| Менее 0,25 | | | Менее 0,25 | | | | | |
| 0,25–1 | | | 0,25–1 | | | | | |
| 1–3 | | | 1–3 | | | | | |
| 3–5 | | | 3–5 | | | | | |
| 5–7 | | | 5–7 | | | | | |
| Более 7 | | | Более 7 | | | | | |

Почва содержит: водопрочных агрегатов ... %, неводопрочных агрегатов ... %.

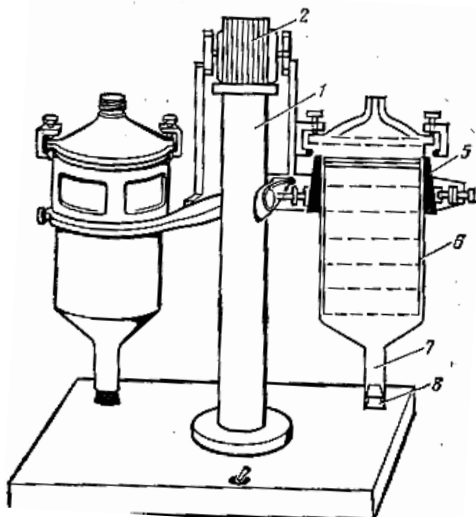


Рис. 5. Прибор Бакшеева

3. Из каждой фракции берут навеску почвы для составления средней пробы, равной 25 г. Количество каждой фракции, равное четверти процентного содержания данной фракции, выражают не в процентах, а в граммах.

4. Далее определяют водопрочность агрегатов. Навеску почвы в 25 г помещают в прибор Бакшеева (рис. 5), заполненный водой до полного удаления воздуха. Прибор включают в электросеть и дают работать ему в течение 12 мин. Затем из прибора сливают всю воду в раковину, вы-

нимают сита и смывают почву с каждого сита в фарфоровые чашки, заранее взвешенные и пронумерованные.

5. Из фарфоровых чашек после переноса в них почвы сливают лишнюю воду, ставят их на водяную баню для подсушивания почвы до воздушно-сухого состояния. Затем чашки взвешивают для определения массы почвы каждой фракции. Полученные результаты умножают на 4. Это и будет процентное содержание водопрочных агрегатов данной фракции.

По массе каждой фракции при сухом просеивании и массе образца определяют процент комков каждой фракции:

$$X = m_{\phi} \cdot 100 : m_0,$$

где X – содержание комков фракции, %;

m_{ϕ} – масса комков фракции, г;

m_0 – масса всего образца почвы, г.



Рис. 6. Прибор для определения агрегатного состояния почвы

Агрегатное состояние почвы можно определить также на приборах типа HAVER EML 200 Premium (рис. 6). На данном приборе можно провести как сухое, так и мокрое просеивание почвы. Это возможно благодаря крышке со встроенной форсункой.

Максимальная масса образца – 3 кг. В данном приборе используются сита от 50 до 203 мм в диаметре, размер ячеек – от 25 мкм до 22,4 мм. На приборе возможна установка времени просеивания, амплитуды колебания сит и интервала между просеиваниями.

Оценку структурного состояния почвы проводят, исходя из данных табл. 21.

Таблица 21. Оценка структурного состава почвы

| Содержание агрегатов размером 0,25–10 мм (% от массы почвы) | | Оценка структурного состояния |
|--|-------------|----------------------------------|
| воздушно-сухих | водопрочных | |
| Более 80 | Более 70 | Отличное |
| 80–60 | 70–50 | Хорошее |
| 60–40 | 55–40 | Удовлетворительное |
| 40–20 | 40–20 | Неудовлетворительное |
| Менее 20 | Менее 20 | Плохое |

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое строение пахотного слоя, влажность, влагоемкость (капиллярная, полная), водопроницаемость, плотность, объемная масса? От чего зависит величина этих показателей?

2. Как определить: а) продуктивную и относительную влажность; б) капиллярную пористость?

3. Понятие о равновесной и оптимальной плотности. Каковы оптимальные параметры плотности для различных сельскохозяйственных культур?

4. Что такое водопрочность структуры? Ее значение в плодородии почвы.

5. Факторы, влияющие на создание и разрушение структуры почвы.

6. Какие размеры агрегатов считаются агрономически ценными и какие эрозионно опасными?

7. Какие свойства почвы относят к физико-механическим?

8. Что такое физическая спелость почвы? От чего она зависит и как определяется?

9. Какие мероприятия применяют для улучшения агрофизических свойств почвы?

10. Что такое липкость почвы и как ее определить?

11. От чего зависит липкость почвы?

12. Какие агротехнические мероприятия применяют для борьбы с липкостью?

13. Как изменяется липкость почвы в зависимости от скорости обработки?

14. Что такое влажность структурообразования и от чего она зависит?

15. Как определить влажность структурообразования?

16. Что понимают под нижним и верхним пределами пластичности и как их определить?

17. Что такое физическая спелость почвы и как ее определить?

18. Как влияют физико-механические свойства на качество обработки почвы?

19. Какие мероприятия применяют для улучшения физико-механических свойств почвы?

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение..... | 3 |
| Список рекомендуемой литературы..... | 3 |
| Методика отбора образцов и подготовка к лабораторному исследованию..... | 3 |
| Работа 1. Определение влажности почвы..... | 4 |
| Работа 2. Определение максимальной гигроскопичности почвы..... | 7 |
| Работа 3. Определение плотности сложения почвы (объемной массы)..... | 8 |
| Работа 4. Определение плотности твердой фазы почвы (удельной массы)..... | 12 |
| Работа 5. Определение уплотнения почвы в полевых условиях..... | 14 |
| Работа 6. Расчет общей пористости почвы (скважности)..... | 16 |
| Работа 7. Определение содержания воды и воздуха в почве..... | 17 |
| Работа 8. Определение капиллярной и полной влагоемкости почвы..... | 19 |
| Работа 9. Способы выражения влажности почвы..... | 22 |
| Работа 10. Определение видов пористости..... | 25 |
| Работа 11. Оценка строения пахотного слоя почвы..... | 29 |
| Работа 12. Определение структурного состава почвы..... | 31 |
| Контрольные вопросы..... | 35 |