

УДК 631.4 (470.67)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИМЕНЬШЕЙ ВЛАГОЕМКОСТИ ПОЧВ УСКОРЕННЫМ МЕТОДОМ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Г. Н. Гасанов^{1,2}, К. М. Гаджиев¹, З. Н. Ахмедова¹,
Н. И. Рамазанова¹, Р. Р. Баширов¹, Т. А. Асварова¹

¹Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН
²Дагестанский государственный университет

Предложен метод, позволяющий определить наименьшую влагоемкость (НВ) плохо водопроницаемых и слоистых почв в полевых условиях в течение 2–3 дней. Метод позволяет также уменьшить расход воды на определение НВ до 25–30 л, что составляет 17–20% того количества, которое расходуется при существующем методе определения.

Offered is the method for determining the lowest moisture capacity of poorly permeable and layered soils in field conditions in 2–3 days. The method also makes it possible to reduce the amount of consumed water for determining the lowest moisture capacity to 25–30 liters – 17–20% of the amount necessary for the existing method.

Ключевые слова: светло-каштановая почва; методика определения; наименьшая влагоемкость; фильтрация; инфильтрация; гранулометрический состав; впитывание воды; вертикальное увлажнение; латеральное увлажнение.

Keywords: light-brown soil; method of determining the lowest moisture capacity; filtration; infiltration; particle size distribution; water absorption; vertical moisture; lateral moisture.

Исследованы два метода определения наименьшей влагоемкости (НВ): первый – увлажнение метрового слоя почвы до полной влагоемкости с вертикальной подачей воды и насыщением почвы методом фильтрации и последующим доведением влажности до капиллярной влагоемкости (контроль); второй – увлажнение почвы из траншеи, нарезаемой внутри экспериментальной площадки на ту же глубину, на которой определяется НВ почвы. Длина и ширина выбираются исходя из удобства ее копки: для глубины 0–100 см достаточны размеры соответственно 50 и 30 см. Траншея до краев заполняется водой, остатки которой по истечении 30 минут вычерпывают из нее. За этот период почва увлажняется в латеральном направлении одновременно по всем четырем сторонам траншеи на 7,2–11,0 см в сторону от ее стенок. Вода в почву поступает под влиянием сорбционных и капиллярных сил только до капиллярного насыщения. При этом исключается этап фильтрации воды в почву и насыщения ее до полной влагоемкости.

Наименьшая влагоемкость характеризует максимальное количество воды, которое может удерживать почва после стекания гравитационной влаги [1–5]. Предлагаемый перечисленными исследователями метод заключается в следующем: выбирают площадку на типичном участке поля размером 1×1 м или больше, обваловывают ее двойным кольцом уплотненных земляных валиков или рамок из досок, полосового железа высотой 20–30 см, выравнивают поверхность площадки и заливают ее заранее рассчитанным количеством воды до полного насыщения. Затем площадку закрывают клеенкой или полиэтиленовой пленкой, толем, а сверху еще 20-сантиметровым слоем соломы и таким же слоем почвы для предотвращения испарения влаги или до-

полнительного поступления ее при выпадении осадков. Площадка находится в таком состоянии до тех пор, пока не стечет содержащаяся в расчетном слое почвы гравитационная вода.

После окончания впитывания воды в почву через 1, 3 и 10 суток [3], или 7–10 суток [4], или 1, 3, 10 и 20 суток [5] определяют влажность по слоям 0–5 см, 5–10 см и далее через каждые 10 см до тех пор, пока ее показатель по результатам трех последних определений не приобретет постоянное значение. Это постоянное значение влажности принимали за НВ для данного слоя почвы. Есть сведения о том, что такой момент на хорошо дренированных почвах после интенсивного дождя или полива наступает через 2–3 дня [6, 7].

Основным недостатком указанного метода определения НВ, кроме [6, 7], является продолжительный срок определения: 1–3 суток до полного впитывания воды в почву (в зависимости от гранулометрического состава почвы, глубины определения НВ) и как минимум 7–10 суток на отток гравитационной воды из расчетного слоя. С учетом трехразового определения влажности почвы в течение хотя бы двух дней термостатно-весовым способом всего на определение НВ почвы требуется не менее 10–12 дней.

Вторым недостатком существующей методики определения НВ является расход большого количества воды на заливку площадки. Так, для насыщения метрового слоя тяжелосуглинистой почвы с НВ 25% от ее массы, фактической влажностью 15% и плотностью 1,44 г/см³ на заливку требуется 144 л воды. Это немалое количество, если учесть, что ее надо привозить и подавать на площадку вручную. Нужно также учесть, что при наличии уплотненных горизонтов в исследуемом слое почвы из-за медленной фильтрации воды большая часть ее теряется на боковой сток [8].

Следует отметить, что научные исследования по определению НВ, проведенные в последующие годы, касались лишь усовершенствования приборов или методов ее определения в лабораторных условиях [9, 10]. Других работ по методике определения НВ почвы в полевых условиях в специальных изданиях пока нет.

Цель наших исследований – разработать метод определения НВ почв с низкой водопроницаемостью в полевых условиях, который позволит существенно сократить продолжительность периода определения НВ и расход воды на ее определение.

Объекты и методы

Объектом исследований является светло-каштановая почва тяжело- и легкосуглинистого гранулометрического состава. Поставленная цель достигается путем сравнения двух методик определения НВ почвы. Первая – существующая, предусматривающая подачу воды на исследуемую площадку квадратной формы размерами сторон по 1 м, закрытие поверхности соломой и полиэтиленовой пленкой до полного стекания гравитационной влаги, определение влажности почвы через 3, 5 и далее через 1 сутки, пока не установится постоянная влажность по трем последним определениям. По предлагаемой нами методике вода на экспериментальную площадку поступает одновременно ко всем слоям из траншеи, которая нарезается в центре площадки на ту глубину, на которой определяется НВ. Ширина траншеи соответствовала ширине штыка лопаты с некоторым, на 5–7 см, превышением для удобства ее копки. Практически она нарезалась шириной 30 см. Для глубины 0–100 см в наших исследованиях длина траншеи составляла 50 см, для больших глубин (1,5 или 2,0 м) она может быть 70–80 см или больше. Увеличение длины траншеи сопряжено не

только с затратами труда на копку, но и с увеличением объема подаваемой в траншею воды, поэтому увлекаться увеличением ее длины не следует. Важно, чтобы в центре этой площадки была выкопана траншея, вода из которой могла бы впитываться в почву в латеральном направлении на 6–8 см, для перестраховки можно взять 10 см. Этот слой нужен для отбора проб почвы на содержание влаги при определении НВ.

Исходя из указанных соображений мы считаем достаточным для определения НВ метрового слоя иметь экспериментальную площадку прямоугольной формы с длинными сторонами по 70 см, короткими – по 50 см. По центру прямоугольной площадки, параллельно длинным ее сторонам, выкапывается траншея шириной 30 см, длиной 50 см, глубиной 100 см с таким расчетом, чтобы по всем четырем сторонам она окаймлялась полосой почвы шириной 10 см.

Для определения НВ траншею заливали до краев рассчитанным количеством воды: 150 л для объема $0,15 \text{ м}^3$ ($1 \times 0,5 \times 0,3 \text{ м}$) [11]. При этом устанавливали, в течение какого времени, по каким слоям и на какое расстояние в латеральном направлении увлажнится почва от стенки залитой водой траншеи. Важно было также выяснить, надо ли доливать воду для обеспечения увлажнения почвы по бокам траншеи, где берутся образцы для определения ее влажности – предположительно на 8–10 см.

Вопрос о продолжительности нахождения воды в траншее в течение этого срока не является принципиальным. Может оказаться достаточным 5–10 минут либо больше или меньше этого срока в зависимости от плотности, гранулометрического состава почвы и других показателей. Этот вопрос исследователь может решать самостоятельно для конкретной почвенной разности.

По истечении 30 минут после заливки оставшееся в траншее количество воды удаляли. После этого траншею закрывали деревянной доской, а поверхность экспериментальной площадки, вместе с закрытой доской траншеей в радиусе 1,0 м от середины траншеи, закрывали полиэтиленовой пленкой, слоем соломы в 20 см и земли в 20 см для предотвращения испарения влаги или попадания воды в траншею в случае выпадения осадков (точно так же, как и в контроле). Через сутки ножом в алюминиевые бюксы отбирали образцы почвы для определения влажности в средней части слоев (см): 0–5; 5–10; 10–20; 20–30; 30–40; 40–50; 50–60; 60–70; 70–80; 80–90; 90–100 в четырехкратной повторности (по всем четырем сторонам траншеи). Влажность почвы по указанным слоям определяли также по истечении 1, 2, 3 и 4 суток (обновляя каждый раз лицевую сторону стенки траншеи перед взятием почвенного образца) до установления постоянной величины по итогам трех последних определений. Полученный результат принимался за НВ для каждого конкретного слоя почвы [1–5].

Исследования проводились в четырех повторностях: по 4 заливаемых площадки на контроле и столько же – с боковой подачей воды из траншеи ко всем слоям почвы одновременно. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом по указанным выше 11 слоям.

Эффективность исследуемых методов определения НВ оценивается по продолжительности времени установления постоянной влажности почвы в рассматриваемых слоях по результатам трех последних определений, а также по количеству воды, расходуемой на ее определение.

Результаты и обсуждение

По существующей ныне методике НВ почв определяется одновременно с определением их водопроницаемости [1–5] и включает в себя две стадии: первая – впитывание воды, когда свободные поры почвы последовательно заполняются водой, подаваемой с поверхности почвы, передвигаясь от слоя к слою, вторая – фильтрация, при которой свободная вода проходит через толщу насыщенную влагой почвы в нижележащие слои под действием силы тяжести и градиента напора [7]. Эти процессы, проходящие в почве последовательно, предшествуют определению НВ при всех существующих методиках.

Методика предусматривает, что после такого насыщения для определения НВ надо подождать, пока перераспределится вся гравитационная вода и «установится капиллярное равновесие в промоченной толще» [7]. Оставшееся количество воды, выраженное в мм/м² или в м³/га, а во многих случаях и в % от сухой почвы, соответствует ее НВ. Однако до установления капиллярного равновесия в предварительно промоченной толще на обеих разновидностях почвы проходит еще достаточно времени – 5 дней для 0–60 см, 6 дней для 60–100 см. Если добавить к ним еще 2–3 суток для трехкратного определения влажности почвы до установления постоянного значения и 1–1,5 суток на насыщение почвы водой до полной влагоемкости, то всего для определения НВ понадобится 9–9,5 суток.

В этой связи возникает вопрос: нельзя ли упростить определение НВ почвы, исключив при насыщении ее водой одно из звеньев – фильтрацию – из существующей методики? На наш взгляд, этого можно добиться, если на исследуемую площадку подавать воду не сверху вниз, последовательно насыщая каждый слой ее водой до достижения стадии фильтрации, а сбоку, ко всем слоям одновременно. Почва при этом увлажнится методом инфильтрации под влиянием сорбционных и капиллярных сил.

Результаты проведенных исследований показали возможность такого метода определения НВ почвы с использованием методики, рассмотренной выше.

Приведенные нами наблюдения показали, что тех 30 минут, в течение которых вода находилась в траншее, вполне достаточно для промачивания тяжелосуглинистой почвы минимум на 7,2 см, легкосуглинистой – на 11 см. Поэтому нет необходимости в пополнении запаса воды или в более продолжительном сроке ее поддержания в траншее. Более того, исследования в данной области могут быть продолжены в направлении возможного сокращения времени нахождения воды в траншее.

При определении наименьшей влагоемкости по предлагаемому нами методу траншея по истечении 30 минут после заливки очищалась от находящейся в ней воды. Стабильная влажность почвы, когда по данным трех определений получены одинаковые результаты, на тяжелосуглинистой почве в слое 0–40 см установилась на вторые сутки, в метровом слое – на третьи сутки после заливки траншеи (см. таблицу). В то же время на контроле только на 6-е сутки устанавливается постоянная влажность в слое почвы 0–60 см, на 7-е сутки – в слое 0–100 см. Такие же данные получены и для легкосуглинистой почвы, с той лишь разницей, что влажность почвы при первом из приведенных сроков определения (соответственно вторые и седьмые сутки) в обоих вариантах эксперимента стабилизируется в более глубоком слое – 0–60 см.

Следовательно, влажность, соответствующая НВ светло-каштановой тяжелосуглинистой почвы по предлагаемой нами методике, для слоя 0–40 см устанавливается

на вторые сутки, для слоя 40–100 см – на третьи сутки, легкосуглинистой почвы – в те же сроки, с той лишь разницей, что указанный показатель на второй же день устанавливается в слое 0–60 см. В контрольном варианте с обычной методикой определения НВ для слоя 0–60 см тяжелосуглинистой и 0–70 см легкосуглинистой почвы устанавливается на 6-е сутки, или требуется в 3 раза больше времени, чем по предлагаемому нами методу.

Динамика влажности светло-каштановой тяжело- и легкосуглинистой почвы в слое 0–100 см при различных методах определения НВ, %

Слой почвы, см	Поступление воды в почву в латеральном направлении одновременно ко всем слоям				Поступление воды в почву в вертикальном направлении (из слоя к слою) – контроль				
	Сутки после заливки								
	1	2	3	3,5	3	5	6	6,5	7
Тяжелосуглинистая									
0–5	35,0±0,4	34,7±0,1	34,6±0,2	34,6±0,2	37,2±0,3	36,2±0,2	34,5±0,3	34,5±0,3	34,8±0,2
5–10	33,1±0,3	32,5±0,1	32,6±0,1	32,6±,2	36,8±0,4	35,4±0,4	33,0±0,2	32,7±0,3	32,9±0,3
10–20	31,3±0,4	30,8±0,2	30,7±0,1	30,7±0,1	36,7±0,3	34,7±0,1	31,2±0,3	31,5±0,3	30,3±0,2
20–30	28,8±0,5	28,1±0,1	28,3±0,2	28,3±0,3	37,5±0,2	33,6±0,2	28,6±0,4	28,4±0,4	28,0±0,4
30–40	30,3±0,4	27,8±0,1	27,1±0,3	27,1±0,3	38,1±0,3	33,5±0,2	27,7±0,4	27,3±0,4	27,5±0,3
40–50	30,8±0,3	28,2±0,2	26,5±0,2	26,5±0,1	37,9±0,3	32,9±0,1	27,0±0,3	26,4±0,6	26,6±0,5
50–60	31,6±0,4	28,4±0,2	25,6±0,1	25,6±0,3	38,2±0,4	32,2±0,4	26,7±0,2	26,0±0,5	25,9±0,4
60–70	32,7±0,2	28,5±0,4	25,8±0,2	25,8±0,3	30,2±0,4	31,8±0,3	27,0±0,3	26,2±0,4	25,5±0,3
70–80	33,1±0,3	28,5±0,2	25,1±0,2	25,1±0,2	26,2±0,2	31,5±0,2	26,6±0,3	25,5±0,2	25,0±0,4
80–90	33,0±0,4	28,6±0,3	24,8±0,2	24,8±0,3	25,8±0,3	26,8±0,3	27,3±0,2	24,3±0,4	24,9±0,4
90–100	33,5±0,3	29,0±0,4	24,5±0,1	24,5±0,2	25,7±0,4	26,3±0,3	27,6±0,3	25,0±0,3	25,1±0,4
Легкосуглинистая									
0–5	30,3±0,3	28,6±0,3	28,5±0,2	28,3±0,4	33,6±0,1	31,9±0,3	29,2±0,3	28,8±0,4	28,6±0,4
5–10	29,4±0,4	26,6±0,2	26,7±0,3	26,8±0,3	34,8±0,3	30,8±0,4	27,5±0,4	26,7±0,3	26,6±0,4
10–20	27,9±0,4	25,1±0,3	25,2±0,2	25,3±0,2	35,6±0,2	28,1±0,3	25,3±0,4	25,0±0,5	25,2±0,3
20–30	26,7±0,5	24,0±0,2	24,1±0,2	24,3±0,4	36,2±0,4	29,7±0,2	24,2±0,5	24,2±0,4	24,0±0,3
30–40	24,8±0,3	21,2±0,2	21,4±0,4	21,4±0,3	36,8±0,4	35,7±0,4	21,3±0,4	21,4±0,3	21,5±0,4
40–50	25,0±0,2	20,3±0,3	20,2±0,4	20,0±0,2	37,4±0,4	36,9±0,3	20,5±0,3	20,4±0,4	20,3±0,3
50–60	24,6±0,3	20,1±0,2	20,5±0,2	20,5±0,2	37,0±0,5	37,3±0,3	19,8±0,3	20,6±0,3	20,3±0,3
60–70	25,5±0,4	22,4±0,3	19,8±0,5	19,7±0,3	16,2±0,3	38,2±0,4	32,5±0,3	20,9±0,4	21,0±0,4
70–80	24,6±0,4	24,4±0,4	19,1±0,5	19,0±0,4	15,8±0,4	37,0±0,3	31,4±0,3	19,2±0,3	19,3±0,5
80–90	25,8±0,5	25,3±0,3	18,5±0,2	18,3±0,5	16,4±0,5	17,1±0,4	19,0±0,4	18,6±0,5	18,5±0,4
90–100	26,3±0,4	25,8±0,4	18,0±0,3	18,1±0,2	17,2±0,2	17,5±0,4	18,7±0,5	18,0±0,5	18,2±0,4

Для насыщения 1 м² (1×1 м) тяжелосуглинистой почвы на глубину 1,0 м до НВ при средневзвешенной плотности ее в естественном сложении 1,44 г/см³, влажности почвы 17,2%, НВ – 27,2% требуется 144 л воды, легкосуглинистой почвы – 122 л. В предлагаемом нами методе увлажнения почвы с боковой подачей воды для этого требуется всего 25 л для тяжелосуглинистой и 30 л для легкосуглинистой почв. Надо учесть, что траншея объемом 0,15 м³ заливается 150 л воды, тяжелосуглинистая почва увлажняется ею в среднем на 9 см по всем сторонам метровой глубины траншеи, легкосуглинистая – на 14 см. Расход воды для насыщения почвы до НВ составляет соответственно 25 и 30 л, остальное количество выкачивается из нее по истечении 30 минут после заполнения траншеи. Следовательно, экономия воды при определении НВ по предлагаемой нами методе составляет соответственно по разновидностям почв 119 и 114 л. Это второе преимущество предлагаемого метода, которое позволяет экономить 80–83% воды.

Заклучение

Разработан новый метод ускоренного определения НВ почв в полевых условиях, позволяющий сократить сроки ее определения до 2–3 дней против 6–7 дней при существующем методе. Ускорению сроков определения способствует одновременная подача воды ко всем слоям почвы и увлажнение ее в латеральном направлении под влиянием капиллярных и сорбционных сил. При этом сокращается этап фильтрации воды, исключается насыщение почвы до полной влагоемкости. Для определения НВ на глубину 1,0 м выбирается экспериментальная площадка прямоугольной формы длиной 70 см, шириной 50 см. Посередине площадки нарезается траншея такой же глубины, длиной 50 см, шириной 30 см. Размеры траншеи выбираются исходя из удобства копки ее на расчетную глубину. В случае определения НВ почв на бóльшую, чем 1,0 м глубину, длина и ширина траншеи могут быть увеличены до удобных исследователю величин.

Траншея заливается водой в течение 30 минут для того, чтобы увлажнить почву в латеральном направлении на расстоянии 7–11 см. Это достаточное увлажнение почвы, если учесть, что для отбора образцов почвы по сторонам траншеи достаточно иметь увлажненный слой всего 6–7 см. Для каждого типа, вида, разновидности почвы этот срок может быть уточнен.

Предлагаемый метод, наряду с сокращением сроков определения, позволяет уменьшить расход воды до 25–30 л (в зависимости от гранулометрического состава почвы): это 17–20% того количества, которое расходуется при существующем методе определения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почвы. М.: Агропромиздат, 1986. 345 с.
2. *Качинский Н.А.* Почва, ее свойства и жизнь. М.: Наука, 1975. 295 с.
3. Практикум по почвоведению / под ред. *И.С. Кауричева*. М.: Колос, 1980. 272 с.
4. *Ревут И.Б.* Физика почв. Л.: Колос, 1964. 319 с.
5. *Роде А.А., Смирнов В.Н.* Почвоведение. М.: Высш. шк., 1972. 480 с.
6. *Шеин Е.Ф., Карпачевский Л.О.* Теория и методы физики почв. М.: «Гриф и К», 2007. 616 с.
7. *Муха В.Д., Картамышев Н.И., Муха Д.В.* Агрочвоведение / под ред. *В.Д. Муха*. М.: Колос, 2004. 528 с.
8. *Алиш-заде П.С.* О фильтрационных свойствах лессовых грунтов некоторых районов Азербайджанской ССР // Почвоведение. 1976. № 11. С. 102–107.
9. *Казанкин А.П.* Влагоемкость горно-лесных и луговых почв на Северном Кавказе // Почвоведение. 1976. № 12. С. 91–96.
10. *Руцескас Ю.Ю.* Метод определения полной влагоемкости и общей пористости почв // Почвоведение. 2004. № 2. С. 203–208.
11. Патент на изобретение № 2546167. Ускоренный способ определения наименьшей влагоемкости почвы в полевых условиях. Дата публ.: 10.04.2015. Бюл. № 10 / *Г.Н. Гасанов, З.Н. Ахмедова, Н.И. Рамазанова, Р.Р. Баширов, К.М. Гаджиев*.

Поступила в редакцию 19.01.2016 г.

Принята к печати 25.03.2016 г.