

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ ПОЧВЕННЫХ АГРЕГАТОВ КАК ОТРАЖЕНИЕ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ

Д.В. ГУСЕВ, А.Д. ФОКИН, Ю.Е. ГУСЕВА, С.П. ТОРШИН

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Проведена оценка вариабельности результатов определения содержания фракций агрегатов разного размера, полученных методом сухого рассеивания на ситах. Статистически обоснован факт переагрегирования почвенной массы, т.е. обмен почвенной массой между агрегатами разного размера. Установлено, что обновление состава почвенной массы агрегатов составляет основу «жизни» агрегата и является причиной вариабельности агрегатного состава почвы, которое отражает интенсивность процессов обновления отдельных агрегатов. Определено, что чем выше вариабельность содержания фракций агрегатов определенного размера, тем ниже их устойчивость и наоборот. Для большинства фракций уровень коэффициентов варьирований лежит в пределах 10–20%.

Ключевые слова: почвенный агрегат, дерново-подзолистая почва, темно-серая лесная почва

Введение

Проблема устойчивости почвенных агрегатов к внешним воздействиям продолжает оставаться актуальной. Прежде всего, агрегатное состояние почв влияет на важнейшие функции почвы, такие как плодородие [1], состояние и поведение основных элементов минерального питания как естественного происхождения, так и поступающих в почву с минеральными удобрениями, состояние различных токсикантов, поступающих в почву в виде загрязнений [7] и др. Агрегатное состояние самым существенным образом влияет на водный и воздушный режимы почв [2]. Однако серьёзным препятствием к исследованиям в данной области является недостаточное развитие методов, позволяющих оценивать динамику разрушения и новообразования почвенных агрегатов, процессы перехода и обмена почвенной массой между агрегатами различного размера, т.е. прямым показателем, характеризующим «жизнь» почвенного агрегата, его мобильность и устойчивость. Традиционные подходы к оценке устойчивости агрегатов состоят в лабораторных исследованиях разрушения выделенных из почвы агрегатов под воздействием различных физических факторов, например, размывание водой [4], изменения под влиянием замораживания и оттаивания [6]. Эти исследования, безусловно, сыграли важную роль в понимании и оценке влияния различных физических факторов на разрушение и формирование агрегатного состояния почв. Однако в условиях реальной почвы одновременно или в определенной сезонной последовательности действуют не только физические, но биологические и коллоидно-химические процессы, одна часть которых направлена на разрушение, другая – на формирование агрегатов. В годовом цикле функционирования почвы процессы разрушения-формирования агрегатов, очевидно, стремятся к равновесию, которое поддерживает относительно стабильное агрегатное состояние почвы. Агрегирование и дезагрегирование почвенной массы сопровождается её «обновлением» в составе самих агрегатов. В дальнейшем эти процессы будем называть переагрегированием почвенной массы. Скорость или интенсивность переагрегирования, измеренная в натуральных условиях, могла бы служить мерой мобильности или, наоборот, устойчивости

почвенных агрегатов. Приблизительно полное обновление почвенной массы в составе отдельного агрегата дало бы возможность получить наглядный показатель его устойчивости, который можно определить как «время жизни» агрегата (τ).

Очевидно, что любой показатель, характеризующий агрегатное состояние почвы, включая и время жизни отдельных агрегатов одинакового размера, находящихся в любом ограниченном почвенном пространстве, будет различным в силу статистической природы действия факторов переагрегирования (неравномерность распределения корневых масс, объектов мезофауны, влаги на агрегатном уровне почвы и пр.). Поэтому для обеспечения необходимого уровня достоверности при определении любых показателей агрегатного состояния почв экспериментальные исследования проводят в нескольких пробах (повторностях), каждая из которых включает достаточно много (десятки, сотни) агрегатов разного размера. В этом случае для полученных значений находят средние показатели, которые могут быть охарактеризованы определенным уровнем варьирования. Эти общие требования достаточно подробно изложены во многих практических руководствах по почвоведению [3]. Все эти требования в полной мере относятся и к попыткам оценить «время жизни» почвенного агрегата, которое можно обозначить как «среднестатистическое время жизни» (τ)

Ранее была предпринята попытка определения данного показателя косвенным методом [8]. Однако значительно большую информацию в исследовании «жизни агрегата» могло бы дать прямое изучение перехода почвенной массы между агрегатами. В принципе, исследование в данном направлении могло бы быть осуществлено путём маркирования почвенной массы агрегатов определённого размера и последующем изучением в динамике перераспределения меченой почвенной массы по агрегатам другого размера. Такое исследование предполагает отбор проб во времени, механическое разделение почвенной массы на агрегаты разного размера последующее определение маркера в составе отдельных фракций. Наиболее подходящим способом разделения почвенной пробы на агрегаты разного размера представляется метод сухого рассеивания. Однако возможность его использования зависит от воспроизводимости результатов, т.е., по сути, от уровня статистической вариабельности содержания отдельных агрегатов, как в пространстве, так и во времени.

В связи с этим основной задачей данной работы являлась оценка вариабельности результатов определения содержания фракций агрегатов разного размера, полученных методом сухого рассеивания на ситах. Очевидно, что данный метод может быть использован для изучения временной динамики агрегатного состава, а также перераспределения маркера между агрегатами во времени только в случае относительной стабильности и воспроизводимости результатов определения агрегатного состава почвы.

Кроме того, в случае удовлетворительной воспроизводимости результатов при использовании метода сухого рассеивания оценка вариабельности показателей содержания отдельных фракций сама по себе может служить косвенной мерой устойчивости агрегатов к процессам естественного переагрегирования. Напомним, что под устойчивостью в данном случае мы понимаем способность агрегата сохранять свой размер и стабильность почвенной массы в реальных условиях. Как можно себе представить идеальную модель «абсолютно устойчивого агрегата»? Например, это могли бы быть шарики определённого размера и материала, которые не способны распадаться в условиях почвы и увеличивать свой размер и массу за счёт адгезионных процессов. Понятно, что реальные почвенные агрегаты не отвечают этим требованиям, что и является причиной вариабельности их содержания. При этом чем выше вариабельность содержания агрегатов, тем ниже устойчивость. Косвенная оценка устойчивости агрегатов по вариабельности их содержания также входила в задачу данной работы.

Методика исследований

Исследование проводили на почвах двух типов: дерново-подзолистой тяжело-суглинистой и тёмно-серой лесной тяжело-суглинистой в Александровском районе Владимирской области в период 2015–2018 гг. В случае темно-серой лесной почвы работы выполнялись не на месте залегания почвы, а на специально подготовленных площадках в массиве дерново-подзолистых почв (закладка сентябрь 2015 г.). Для этой цели образцы темно-серой лесной почвы (Юрьев-Польский район Владимирской области) с минимальным нарушением сложения в виде параллелепипедов размером 30 × 30 см, высотой (глубиной) – 25 см и массой свыше 25 кг перевозились и плотно укладывались на подготовленную площадку размером 1,5 × 1,5 м, с которой удалялась дерново-подзолистая почва на глубину 25 см. Рядом располагались площадки с дерново-подзолистой почвой.

На обеих почвах предусматривались варианты с луговой растительностью и пашней. Закладка, как и последующий отбор образцов проводились при объёмной влажности почв в пределах 18–23%. На вариантах под луговой растительностью при закладке и в период последующих наблюдений растительность ежегодно выкашивалась.

На площадках с вариантами пахотной почвы тёмно-серая лесная почва отбиралась лопатой с глубиной 0,25 м и переносилась в подготовленный выбранный объём вместо удалённой дерново-подзолистой почвы, также, как и в случае почвы с луговой растительностью 1,5 × 1,5 м и глубиной 25 см. Пахотный вариант на дерново-подзолистой почве готовился путём перекопки лопатой «с оборотом пласта» на глубину 25 см.

Такая подготовка связана с тем, что на этих же площадках в течение трёх лет велись наблюдения по перераспределению маркированной почвенной массы по агрегатам разного размера в фиксированных объёмах почвы. Кроме того, соседнее расположение площадок обеспечивало одинаковые метеорологические условия по всем вариантам опыта.

На пахотных почвах за три вегетационных периода выращивались последовательно овёс посевной (*Avena sativa* L.) – 2016 г., бобы кормовые (*Faba vulgaris* Moench.) – 2017 г. и горчица белая (*Sinapis alba* L.) – 2018 г.

Поскольку на площадках «пахотных» почв на глубине 8–12 см находились образцы в фиксированном объёме с маркированной почвой, мы не могли, например, имитировать их обработку «с оборотом пласта» и вынуждены были ограничиться многократным вертикальным прокалыванием почвы вилами на глубину 25 см между рядами с заложенными образцами. Этим обеспечивалось достаточное рыхление почвы и минимальный сдвиг заложенных образцов.

Образцы для определения вариабельности агрегатного состава почв отбирались на тех же площадках с глубины 8–12 см в 9-кратной повторности по всем вариантам опыта в сроки с 11.05.2018 г. по 11.10.2018 г.

Как уже отмечалось, образцы отбирались в период умеренной объёмной влажности почв (18–23%), что снижало риск слипания, раскалывания или распыления агрегатов. Образцы объёмом до 150 мл отбирали без нарушения сложения в виде кубиков с помощью ножа, помещались в закрытую ёмкость, доставлялись в лабораторию и без просушивания в состоянии увлажнения, приблизительно соответствующую указанному диапазону аккуратно путём надавливания рукой разрыхлялись до исчезновения крупных комков почвы размером более 20 мм. После этой подготовки разрыхлённый образец просеивался через сита соответствующего размера. После рассеивания образцы агрегатов доводились до воздушно-сухого состояния, взвешивались. Агрегатный состав оценивался по соотношению масс отдельных фракций в процентах, суммарная масса всех фракций в образце принималась за 100%.

Результаты и их обсуждение

В таблицах 1 и 2 приведены результаты изучения варьирования масс агрегатов разного размера для двух временных точек отбора проб – 11.05.2018 г. и 11.10.2018 г., т.е. для тёплого периода года, когда наиболее выражены биологические процессы, влияющие на агрегатное состояние почв: развитие корневых систем растений, минерализация органических остатков, максимальное проявление активности микроорганизмов и мезофауны. Все эти процессы происходят на фоне значительных колебаний влажности.

Прежде всего, следует отметить относительную стабильность агрегатного состава почв в отдельных повторностях, а также по всем вариантам опыта. Только в редких случаях обнаруживаются достоверные различия в содержании отдельных фракций, как в разных точках изучаемого почвенного пространства, так и по срокам отбора, а также между почвами под лугом и пашней.

Таблица 1

Варьирование содержания агрегатов различного размера в дерново-подзолистой почве, %. Рассчитано по 9 измерениям в каждом варианте

Угодье	Дата отбора проб	Показатель	Содержание агрегатов разного размера, %						
			>10 мм	7–10 мм	5–7 мм	3–5 мм	2–3 мм	1–2 мм	<1 мм
Луг	11.05.2018 г.	Средние значения	16.1	20.9	13.9	14.8	8.1	10.0	16.2
		Среднее квадратичное отклонение	4,0	3,6	1,7	1,4	1,2	1,2	3,3
		Коэффициент варьирования, %	25	17	12	10	15	12	20
	11.10.2018 г.	Средние значения	12,7	19,6	13,7	15,5	9,1	10,1	19,3
		Среднее квадратичное отклонение	2,0	3,0	1,7	2,2	1,0	0,8	1,3
		Коэффициент варьирования, %	16	15	12	14	11	8	7
Пашня	11.05.2018 г.	Средние значения	9,1	20,2	14,5	17,4	8,6	10,7	19,6
		Среднее квадратичное отклонение	3,7	3,8	2,4	1,7	1,2	1,0	3,4
		Коэффициент варьирования, %	41	19	17	10	14	9	17
	11.10.2018 г.	Средние значения	9,6	19,0	14,0	16,5	9,6	10,2	21,1
		Среднее квадратичное отклонение	1,8	2,9	1,8	1,5	0,7	1,1	2,2
		Коэффициент варьирования, %	19	15	13	9	7	11	10

Отметим эти различия: 1) полутора – двукратное снижение содержания самой крупной фракции (>10 мм) в дерново-подзолистой пахотной почве по сравнению с почвой под лугом; 2) наоборот, почти двукратное повышение содержания той же фракции (>10 мм) на пашне по сравнению с почвой под луговой растительностью в тёмно-серой лесной почве; 3) более высокое, примерно полуторакратное содержание фракции 3–5 мм на почве под лугом по сравнению с пашней на тёмно-серой лесной почве. Достоверность отмеченных различий дополнительно подтверждается сохранением их направленности для обоих сроков отбора проб, как в мае, так и в октябре (например, для фракции 3–5 мм).

Таким образом, наиболее мобильной фракцией агрегатов является самая крупная (>10 мм), что, вероятно связано с подверженностью этой фракции как разрушению на более мелкие, так и участию в адгезионных процессах, происходящих в летний период и приводящих к росту размеров агрегатов. При этом в дерново-подзолистой почве при переходе от луговой почвы к пашне преобладают деструктивные процессы, тогда как на пашне в случае тёмно-серой лесной почвы содержание фракций >10 мм возрастает.

Таблица 2

Варьирование содержания агрегатов различного размера в тёмно-серой лесной почве, %. Рассчитано по 9 измерениям в каждом варианте

Угодье	Дата отбора проб	Показатель	Содержание агрегатов разного размера, %						
			>10 мм	7–10 мм	5–7 мм	3–5 мм	2–3 мм	1–2 мм	<1 мм
Луг	11.05.2018 г.	Средние значения	7,2	17,7	18,7	21,9	11,3	12,2	11,0
		Среднее квадратичное отклонение	1,9	4,2	3,6	2,7	1,3	1,3	1,9
		Коэффициент варьирования, %	26	24	19	12	12	11	17
	11.10.2018 г.	Средние значения	12,1	20,5	16,5	18,8	11,0	10,9	10,2
		Среднее квадратичное отклонение	3,4	4,3	1,4	2,4	1,8	1,8	2,4
		Коэффициент варьирования, %	28	21	9	13	16	17	24
Пашня	11.05.2018 г.	Средние значения	13,6	19,9	14,5	16,3	9,1	10,6	16,0
		Среднее квадратичное отклонение	1,9	3,4	1,5	1,1	0,8	1,0	2,1
		Коэффициент варьирования, %	14	17	10	7	9	9	13
	11.10.2018 г.	Средние значения	17,2	25,6	13,7	15,2	8,4	8,4	11,5
		Среднее квадратичное отклонение	2,3	4,6	2,2	3,0	1,2	0,9	1,4
		Коэффициент варьирования, %	13	18	16	20	14	11	12

Из всей выборки только одно изменение во времени является достоверным – это снижение содержания самой мелкой фракции (<1 мм) в тёмно-серой лесной почве в тёплый период года.

Из всей совокупности парных сравнений (28*) только в четырёх случаях обнаружилось отмеченные выше достоверные различия. Этот результат наглядно свидетельствует об относительно высокой стабильности агрегатного состава исследуемых почв при его определении методом сухого рассеивания.

Данное обстоятельство свидетельствует о наличии серьёзных ограничений в использовании метода сухого рассеивания, например, для изучения динамики агрегатного состава, а также разнообразных процессов, происходящих с агрегатами во времени, поскольку эти изменения или различия могут не выходить за рамки пространственного варьирования содержания агрегатов.

В частности, использование данного метода на наших объектах не позволяло в большинстве случаев выявить достоверные различия как между почвами двух типов, так и между почвами под луговой растительностью и пашней.

Более детально оценить возможности метода сухого рассеивания для изучения изменения агрегатного состава почв, а также для оценки статистической природы наблюдаемых процессов может дать анализ значений величин коэффициентов варьирования содержания отдельных фракций агрегатов (табл. 1 и 2).

Коэффициент варьирования наиболее полно и наглядно характеризует статистическую природу объекта, т.е. наличие элемента случайности в количественной характеристике почвы по какому-либо признаку. Из данных таблиц 1 и 2 следует, что в большинстве случаев значения K_v лежат в пределах 10–20% (47 из 56 значений). Близкие результаты были получены для многих других показателей почвы [5]. Небольшое количество значений K_v лежали в пределах 7–10% или 20–25%. В одном случае K_v составил 41% (для фракции >10 мм на дерново-подзолистой почве под пашней).

Выше было высказано предположение, что применительно к почвенным агрегатам K_v может служить косвенным показателем их устойчивости в пространственно-временном поле, охватывающем выполненные измерения. В связи с этими представлениями были составлены ряды по снижению значений K_v для агрегатов разного размера, которые можно рассматривать как ряды возрастания их устойчивости (табл. 3).

Из приведённых данных следует, что в подавляющем большинстве случаев наименее устойчивой фракцией является самая крупная с агрегатами >10 мм. С уменьшением размеров фракции (7–10 мм) в большинстве случаев устойчивость возрастает. Наиболее устойчивую часть почвенных агрегатов составляют 4 фракции, размеры которых лежат в пределах 1–7 мм (K_v 7–15%). Из общих закономерностей выпадает фракция с минимальным размером <1 мм, включающая в себя как микроагрегаты, так и отдельные неагрегированные гранулометрические фракции. Значения K_v для этой фракции занимают в рядах почти все возможные положения и варьируют от 7 до 24%.

Причиной низкой устойчивости агрегатов наиболее крупного размера, вероятно, является та, что они состоят из более мелких и более устойчивых агрегатов и относительно легко распадаются на составляющие. Нестабильность коэффициентов варьирования содержания самой мелкой фракции обусловлена, вероятно, действием противоположно направленных процессов: образованием этой фракции в результате поверхностной «эрозии» более крупных фракций и адгезионными процессами «захвата» этой фракции более крупными агрегатами. В зависимости от варьирования локальных условий (на горизонтном уровне (влажность, концентрация живых корней или органический остатков и пр.) может меняться и соотношение между процессами эрозии крупных агрегатов и адгезией мелких частиц на крупных агрегатах.

Ряды снижения коэффициентов варьирования (K_v) содержания агрегатов разного размера по всей совокупности измерений

Почва, угодье	Дата отбора	Ряды снижения K_v для разных фракций (в скобках размеры фракций, мм)
Дерново-подзолистая почва, луг	11.05	(> 10) > (< 1) > (7–10) > (2–3) > (5–7) ~ (1–2) > (3–5)
	11.10	(> 10) ~ (7–10) > (3–5) > (5–7) > (2–3) > (1–2) > (< 1)
Дерново-подзолистая почва, пашня	11.05	(> 10) > (< 1) > (5–7) > (7–10) > (2–3) > (3–5) > (1–2)
	11.10	(> 10) > (7–10) > (5–7) > (1–2) ~ (< 1) > (3–5) > (2–3)
Тёмно-серая лесная почва, луг	11.05	(> 10) > (7–10) > (5–7) > (< 1) > (3–5) > (2–3) ~ (1–2)
	11.10	(> 10) > (< 1) > (7–10) > (1–2) > (2–3) > (3–5) > (5–7)
Тёмно-серая лесная почва, пашня	11.05	(7–10) > (> 10) > (< 1) > (5–7) ~ (1–2) > (2–3) > (3–5)
	11.10	(3–5) > (7–10) > (5–7) > (> 10) ~ (2–3) > (< 1) > (1–2)

Итак, основной вывод из полученных результатов состоит, на наш взгляд, в статистическом обосновании факта переагрегирования почвенной массы, т.е. в обмене почвенной массой между агрегатами разного размера, другими словами, в обновлении состава почвенной массы агрегатов. Это обновление составляет основу «жизни» агрегата и является причиной вариабельности агрегатного состава почвы. Вариабельность агрегатного состава отражает интенсивность процессов обновления отдельных агрегатов. Процессы переагрегирования отдельных агрегатов являются составной частью массообмена для почвы или ее отдельных горизонтов как результата противоположно направленных процессов: а) процессы, направленные на гомогенизацию почвенной массы, и б) процессы, направленные на формирование гетерогенной почвенной системы, одним из которых является агрегатообразование.

В заключение рассмотрим вопрос о возможности на основании коэффициентов варьирования показателей агрегатного состава очень приблизительно, хотя бы на уровне порядка, оценить характерные времена обновления почвенной массы агрегатов, т.е., по сути, оценить «время жизни» агрегатов определённого размера. В дальнейшем уточним понятие «время жизни» агрегата.

Для оценки характерных интервалов времени необходимо обозначить ограничительные рамки (условия), в которых мы будем рассматривать процессы массообмена между агрегатами, а также сделать некоторые допущения. Важнейшие из этих условий и допущений:

1. Процессы происходят в определенных пространственных (площадка $1,5 \times 1,5$ м, глубина 15 см) и временных координатах (5 месяцев тёплого периода года).

2. Процессы обновления почвенной массы в агрегатах происходят по экспоненциальному закону, согласно которому за определённый период времени обновляется определённая доля почвенного материала. Однако данное допущение весьма уязвимо, поскольку оно строго реализуется только в условиях независимости процесса от внешних условий (радиоактивных распад) или при постоянстве условий

(химические реакции первого порядка). Для условий наших наблюдений данные требования, очевидно, не выполняются. Однако, если принять, что в холодный период (условно с 11.10 до 11.05) скорость переагрегирования изменяется в разы по сравнению с теплым периодом, т.е. в пределах одного порядка, то и полученный результат будет отличаться от истинного значения также в единицы раз.

Выполним расчёт для двух значений коэффициентов варьирования, характеризующих пределы наиболее типичных значений данного показателя – 10–20%.

Оценим два показателя характерных периодов времени обновления массы агрегатного состава: λ – доля обновляемого материала за выбранный период времени, в нашем случае – 1 месяц; τ – среднестатистическое время жизни агрегата,

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

Значение λ рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \frac{\ln m_1 - \ln m_2}{t}$$

где m_1 – наибольшее относительное значение массы из двух значений при определённом значении K_b ; m_2 – соответствующее наименьшее значение.

Таким образом, для каждого значения K_b (например, 10%) мы выполним два расчёта (+ 10% и – 10%, т.е. расчеты в этом случае будут выполняться для двух пар: (110–100%) и (100–90%).

Для $K_b = 10\%$: расчетные значения λ будут составлять: $\lambda_1 = 0,018 \text{ мес}^{-1}$ и $\lambda_2 = 0,023 \text{ мес}^{-1}$.

Соответствующие значения τ будут равны $\tau_1 = 55 \text{ мес.} = 4,6 \text{ года}$ и $\tau_2 = 45 \text{ мес.} = 3,8 \text{ года}$.

Для значения $K_b = 20\%$ значения характерных интервалов времени обновления будут составлять:

$$\lambda_1 = 0,036 \text{ мес}^{-1}; \quad \lambda_2 = 0,046 \text{ мес}^{-1}$$

$$\tau_1 = 27,8 \text{ мес.} \approx 2,3 \text{ года}; \quad \tau_2 = 21,7 \text{ мес.} \approx 1,8 \text{ года}$$

Выполненная оценка характерных интервалов времени обновления почвенной массы в агрегатах, конечно, носит сугубо приближенный характер и может быть проверена только путем прямого изучения перераспределения маркированного почвенного материала между агрегатами во времени. Однако заметим, что полученные значения близки к результатам, полученным ранее другим методом [8].

Заключение

1. Пространственно-временное изменение соотношения почвенных агрегатов разного размера, локализованных в определенной части почвенного пространства, является следствием непрерывно идущих процессов их разрушения и новообразования. Эти процессы сопровождаются обменом почвенной массы между агрегатами разного размера и, следовательно, могут служить мерой их устойчивости. Чем выше вариабельность содержания фракций агрегатов определенного размера, тем ниже их устойчивость и наоборот.

2. Для большинства фракций уровень коэффициентов варьирования лежит в пределах 10–20%. Наибольшие значения коэффициентов варьирования достигают для фракций >10 мм и <1 мм. Коэффициенты варьирования содержания отдельных

фракций для тяжелосуглинистой дерново-подзолистой и темно-серой лесной почв различаются незначительно.

3. Незначительные различия коэффициентов варьирования для двух исследуемых почв, функционирующих под культурами со стержневой корневой системой (кормовые бобы) и мочковатой (овёс посевной, горчица белая), позволяют отметить общие закономерности, характеризующие устойчивость агрегатов разного размера в этих почвах. Наименее устойчивой из исследуемых является крайняя по размерам фракция агрегатов размером > 10 мм и фракция размером < 1 мм. Наиболее устойчива фракция среднего размера. С изменением размеров фракций (7–10 мм, 5–7 мм, 3–5 мм, 2–3 мм, 1–2 мм) устойчивость возрастает с соответственным снижением коэффициентов варьирования их содержания. Понижение устойчивости крупных фракций > 10 м и 7–10 мм объясняется их сложением из более устойчивых мелких фракций.

Библиографический список

1. Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. М.: Сельхозгиз, 1939. 458 с.
2. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению. М.: Агроконсалт, 2002. 280 с.
3. Манучаров А.С., Дмитриев Е.А., Самсонова В.П., Черноморченко Н.И. Математическая статистика для почвоведов. М.: Изд-во МГУ, 1989. 88 с.
4. Николаева Е.И. Устойчивость почвенных агрегатов к водным и механическим воздействиям. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. 06.01.03. М., 2016. 25 с.
5. Орлов Д.С. Варьирование содержания органического вещества и окислительно-восстановительного потенциала в пахотном горизонте дерново-среднеподзолистой почвы // Научные докл. Высш. школы. Биол. науки. 1969. № 3. С. 113–117.
6. Скворцова Е.Б., Шейн Е.В., Абросимов К.Н., Романенко К.А., Юдина А.В., Клюева В.В., Хайдапова Д.Д., Рогов В.В. Влияние многократного замораживания-оттаивания на микроструктуру агрегатов дерново-подзолистой почвы (микротомографический анализ) // Почвоведение. 2018. № 2. С. 187–196.
7. Фокин А.Д., Торшин С.П., Каупенйоханн М. Формирование первичных градиентов концентраций ^{137}Cs в почвах на агрегатном уровне // Почвоведение. 2003. № 8. С. 921–928.
8. Фокин А.Д., Торшин С.П. Метод исследования деструкции почвенных макроагрегатов по самопоглощению β -излучения ^{137}Cs // Почвоведение. 2013. – № 4. С. 426–433.

VARIABILITY OF THE CONTENT OF SEPARATE SOIL PED FRACTIONS AS A SIGN OF THEIR STABILITY

D.V. GUSEV, A.D. FOKIN, YU.YE. GUSEVA, S.P. TORSHIN

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

The authors have evaluated the variability of the results of determining the content of soil ped fractions of a different size obtained by the method of dry dispersion on sieves. They have proved the fact of reaggregation of soil mass, i.e. soil mass exchange between soil peds of a different size. It has been found that the composition renewal of the soil ped mass forms the basis of the ped "life"

and causes the variability of the ped composition of the soil, which describes the intensity of renewing individual soil peds. It has been determined that the higher the content variability of ped fractions of a certain size is, the less stable they become and vice versa. For most fractions, the level of variation coefficients lies in the range of 10–20%.

Key words: soil ped, sod-podzolic soil, dark gray forest soil

References

1. Vil'yams V.R. Pochvovedeniye. Zemledeliye s osnovami pochvovedeniya [Soil science. Agriculture and the basics of soil science]. M.: Sel'khozgiz, 1939: 458. (In Rus.)
2. Ganzhara N.F., Borisov B.A., Baybekov R.F. Praktikum po pochvovedeniyu [Practical training on soil science]. M.: Agrokonsalt, 2002: 280. (In Rus.)
3. Manucharov A.S., Dmitriyev Ye.A., Samsonova V.P., Chernomorchenko N.I. Matematicheskaya statistika dlya pochvovedov [Mathematical statistics for soil scientists]. M.: Izd-vo MGU, 1989: 88. (In Rus.)
4. Nikolayeva Ye.I. Ustoychivost' pochvennykh agregatov k vodnym i mekhanicheskim vozdeystviyam. Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. 06.01.03 [Resistance of soil peds to water and mechanical influences. Self-review of PhD (Bio) thesis 06.01.03]. M., 2016: 25. (In Rus.)
5. Orlov D.S. Var'irovaniye soderzhaniya organicheskogo veshchestva i okislitel'no-vosstanovitel'nogo potentsiala v pakhotnom gorizonte dernovo-srednepodzolistoy pochvy [Varying the content of organic matter and the redox potential in the arable layer of sod-mid-podzolic soil] // Nauchnyye dokl. Vyssh. shkoly. Biol. nauki. 1969; 3: 113–117. (In Rus.)
6. Skvortsova Ye.B., Shein Ye.V., Abrosimov K.N., Romanenko K.A., Yudina A.V., Klyuyeva V.V., Khaydapova D.D., Rogov V.V. Vliyaniye mnogokratnogo zamorazhivaniya-ot-taivaniya na mikrostrukturu agregatov dernovo-podzolistoy pochvy (mikrotomograficheskiy analiz) [Effect of repeated freezing-thawing on the microstructure of sod-podzolic soil peds (microtomographic analysis)] // Pochvovedeniye. 2018; 2: 187–196. (In Rus.)
7. Fokin A.D., Torshin S.P., Kaupenyokhann M. Formirovaniye pervichnykh gradiyentov kontsentratsiy ^{137}Cs v pochvakh na agregatnom urovne [Formation of primary gradients of ^{137}Cs concentrations in soils at the ped level] // Pochvovedeniye. 2003; 8: 921–928. (In Rus.)
8. Fokin A.D., Torshin S.P. Metod issledovaniya destruktсии pochvennykh makroagregatov po samopogloshcheniyu b-izlucheniya ^{137}Cs [Method for studying the destruction of soil macro-peds by self-absorption of ^{137}Cs β -radiation] // Pochvovedeniye. 2013; 4: 426–433. (In Rus.)

Гусев Дмитрий Владимирович – зав. учебной лабораторией кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел.: +7-499-976-40-24; e-mail: dmitryvlad@inbox.ru.

Фокин Алексей Дмитриевич – д.б.н., проф., кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел.: +7-499-976-40-24; e-mail: sptorshin@rambler.ru.

Гусева Юлия Евгеньевна – к.б.н., ст. преподаватель кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел.: +7-499-976-40-24; e-mail: uguseva@timacad.ru.

Торшин Сергей Порфирьевич – д.б.н., проф., зав. кафедрой агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел.: +7-499-976-40-24; e-mail: sptorshin@rambler.ru.

Dmitriy V. Gusev – Head of Study Laboratory, the Department of Agrochemistry, Biochemistry, and Radiology, Russian Timiryazev State Agrarian University, 127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7-499-976-40-24; e-mail: dmitryvlad@inbox.ru.

Aleksei D. Fokin – DSc (Bio), Professor, the Department of Agrochemistry, Biochemistry, and Radiology, Russian Timiryazev State Agrarian University, 127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7-499-976-40-24; e-mail: sptorshin@rambler.ru.

Yuliya Ye. Guseva – PhD (Bio), Senior Lecturer, the Department of Agrochemistry, Biochemistry, and Radiology, Russian Timiryazev State Agrarian University, 127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7-499-976-40-24; e-mail: uguseva@timacad.ru.

Sergey P. Torshin – DSc (Bio), Professor, Head of the Department of Agrochemistry, Biochemistry, and Radiology, Russian Timiryazev State Agrarian University, 127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7-499-976-40-24; e-mail: sptorshin@rambler.ru.