

Изменение агрегатного состава и водопрочности пахотного слоя под влиянием систем обработки почвы и вида пара

Н.А. Пегова, к.с.-х.н., ФГБНУ Удмуртский НИИСХ

Структуру почвы классики отечественного земледелия относили к важнейшим агрофизическим показателям и условиям плодородия [1, 2].

Изменение агрегатного состава приводит к изменению физических свойств почвы [3]. Хорошо агрегированная почва способствует высокой воздухо- и водопроницаемости пахотного слоя, имеет благоприятные физико-механические свойства, что и обеспечивает продуктивный биоценоз. Наиболее распространённый способ улучшения почвенной структуры в сельском хозяйстве – механическая обработка почвы различными сельскохозяйственными орудиями. Она является уникальным средством воздействия на почву и растения, оказывает многостороннее влияние на многие свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. Это влияние многократно усиливается при длительном применении той или иной системы обработки почвы. Применение ресурсосберегающих систем обработки почвы – дифференцированной, плоскорезной и поверхностной оказывает положительное влияние на структуру тёмно-серой лесной почвы и её качество [4]. При этом их эффективность повышалась по мере удаления полей сельскохозяйственных культур от пара и с увеличением длительности их применения.

Внесение в почву органических удобрений существенно изменяет почвенную агрегированность на более длительное время. По данным И.С. Белюченко и др., повышение агрегации – важнейший процесс сокращения потерь её органического вещества, поскольку образующиеся агрегаты в основном и сохраняют органический углерод почвы [5]. Структура почвы является функцией содержания активного органического вещества, которое удерживает структурные почвенные агрегаты вместе [6]. Г.Н. Черкасовым и др. впервые было установлено, что наиболее ценные агрономические агрегаты чернозёма типичного диаметром 3,0–1,0 мм содержат повышенное количество микробной биомассы по сравнению с общим образцом почвы [7].

По мнению многих видных учёных, выявление закономерностей улучшения показателей почвенного плодородия при разработке более эффективных и ресурсосберегающих технологий производства зерна имеет актуальное и приоритетное значение [8, 9].

Цель исследования – выявить влияние длительного применения различных систем обработки почвы, видов пара и биоресурсов на агрегатный состав и водопрочность дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы.

Материал и методы исследования. Объектом исследования являлся пахотный слой дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в стационарном полевом опыте (начало второй ротации восьмипольного севооборота). Выборочная схема опыта для данного исследования включает две системы зяблевой обработки почвы (фактор А): первая – отвальная (О) – ежегодная вспашка на 20 см, за исключением клевера 1 г.п. плугом ПН-3-35; вторая – безотвальная (Б) – ежегодная безотвальная зяблевая обработка на 12–16 см орудиями БДТ-3 или КПЭ-3,8. Виды пара (фактор В): 1-й – чистый пар без удобрений (Б/у) (к); 2-й – чистый пар с внесением навоза КРС, 60 т/га (Н); 3-й – сидеральный пар (горчица белая) (Г); 4-й – сидеральный пар (клевер 1 г.п.) (Кл.). Заделка биоресурсов в пару проводилась в соответствии с изучаемыми системами обработки почвы. Почвенные пробы отбирали перед посевом озимой ржи из пахотного слоя 0–20 см и после её уборки послойно 0–10 и 10–20 см.

Агрегатный состав определяли по методу Н.И. Саввинова, содержание водопрочных агрегатов – методом качания сит на приборе И.М. Бакшеева. Агрохимические анализы проведены биохимической лабораторией ФГБНУ «Удмуртский НИИСХ».

Результаты исследования. В процессе парования в пахотном достаточно аэрируемом слое почвы происходят активные биологические процессы. Вносимые в пару биоресурсы и способы их заделки заметного влияния на агрегатный состав пахотного слоя почвы не оказали (табл. 1). Если рассматривать содержание агрономически наиболее ценных агрегатов (размером 0,25–3,0 мм), то можно отметить, что в вариантах с запашкой навоза и клевера их количество было несколько выше (40,1 и 41,8%), чем при перепашке чистого пара и запашке биомассы горчицы (37,7 и 39,5%). При поверхностной заделке навоза и клевера, наоборот, отмечалось снижение содержания этих структурных элементов до 38,7 и 36,5%. Это ниже, чем по чистому пару без биоресурсов (42,4%) и сидеральному горчичному пару (39,4%). Наиболее высокое содержание пылевидных микроагрегатов (<0,25 мм) наблюдалось в варианте с сидеральным горчичным паром (19,3 и 14,2%), что обусловлено наименьшей влажностью почвы на момент заделки биомассы горчицы в почву в паровом поле. Нами выявлена положительная средней степени корреляционная связь между влажностью почвы и агрегатами >10,0–7,0 мм, $r=0,505$ и отрицательная корреляционная связь влажности почвы с микроагрегатами <0,25 мм, $r=-0,424$.

1. Агрегатный состав пахотного слоя почвы (0–20 см) в зависимости от вида пара, биоресурсов и способа обработки почвы в пару, %, 2014 г.

Размер агрегатов, мм	Отвальная обработка				Безотвальная обработка			
	Б/у (к)	Н	Г	Кл.	Б/у (к)	Н	Г	Кл.
>10,00	20,2	19,8	14,2	15,1	15,9	20,4	14,8	19,8
10,0–7,0	10,6	8,6	8,2	8,9	9,2	9,3	10,2	12,0
7,0–5,0	8,4	7,6	7,7	8,3	8,2	8,0	8,5	9,6
5,0–3,0	12,5	12,1	11,1	12,7	12,8	11,4	12,9	13,7
3,0–1,0	21,6	22,1	21,0	22,9	23,7	21,1	21,6	21,6
1,0–0,5	7,4	9,1	8,3	8,9	9,3	8,6	8,7	7,7
0,5–0,25	8,7	8,9	10,2	10,0	9,4	9,0	9,1	7,2
Σ0,25–3,0	37,7	40,1	39,5	41,8	42,4	38,7	39,4	36,5
<0,25	10,6	11,8	19,3	13,2	11,4	12,2	14,2	8,2
K _{стр}	3,56	3,40	2,05	3,20	3,72	3,17	2,77	4,46

2. Содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое почвы (0–20 см) в зависимости от вида пара, биоресурсов и способа обработки почвы в пару, %, 2014 г.

Размер агрегатов, мм	Отвальная обработка				Сред- нее	Безотвальная обработка				Сред- нее
	Б/у (к)	Н	Г	Кл.		Б/у (к)	Н	Г	Кл.	
7,0–5,0	4,6	7,0	6,2	7,9	6,4	4,7	6,4	6,07	8,1	6,3
3,0–1,0	11,6	12,7	11,3	10,7	11,6	12,2	12,1	12,8	12,7	12,5
1,0–0,5	16,6	16,8	17,0	17,7	17,0	18,3	19,1	19,8	19,6	19,2
0,5–0,25	18,8	22,1	17,7	19,9	19,6	21,1	15,8	21,5	19,0	19,3
<0,25	41,0	37,2	42,5	40,0	40,2	43,6	41,3	38,2	35,4	39,0
Σ0,25–1,0	35,4	38,9	34,7	37,6	36,6	39,4	34,9	41,3	38,6	37,6

В среднем по опыту отмечено увеличение содержания водопрочных агрегатов размером 5,0–7,0 мм в вариантах с внесением биоресурсов в пару (навоза, горчицы и клевера) на 30–73% по сравнению с чистым паром, как при отвальной, так и безотвальной их заделке. Это указывает на увеличение агрегирующей способности почвы в результате активизации микробиологических процессов за счёт внесения биоресурсов (табл. 2).

В вариантах с запашкой навоза и клевера содержание водопрочных агрегатов размером 0,25–1,0 мм, как наиболее характерных для дерново-подзолистых почв, было более высоким (38,9 и 37,6%), чем по чистому и сидеральному горчицному парам – 35,4 и 34,7%. При мелкой заделке навоза содержание их оказалось наименьшим – 34,9%. В среднем по опыту варианты с отвальной и безотвальной системами обработки почвы по водопрочности агрегатов существенно не различались – 36,6 и 37,6%.

Рассмотрим состав структурных агрегатов (0,25–3,0 мм) без учёта агрегатов размером более 3,0 мм в пахотном слое почвы после уборки озимой ржи (табл. 3). При запашке навоза и биомассы клевера 1 г.п. в нижней прослойке пахотного слоя (10–20 см) отмечен наибольший коэффициент структурности 12,4 и 10,0 за счёт высокого содержания структурных агрегатов размером 3,0–1,0 мм и наименьшего содержания микроагрегатов <0,25 мм. Поверхностная заделка этих же биоресурсов не привела к улучшению структурного состава верхней прослойки пахотного слоя (0–10 см). Коэффициент структурности оказался ниже, чем в слое 10–20, по всем видам пара. Аналогичные данные по

влиянию навоза на структурный состав пахотного слоя почвы в зависимости от способа его заделки получены в паровом поле, о чём сказано выше. Это даёт нам основание предположить, что в аэробных условиях активизация микробиологических процессов в результате поступления органического вещества, особенно навоза, за счёт нехарактерных для почвы активных штаммов микроорганизмов, приводит к биологическому разрушению (распаковке) более крупных структурных агрегатов и увеличению содержания пылевидной фракции. Разложение биоресурсов в анаэробных условиях (в слое 10–20 см) способствует агрегации мелких почвенных частиц с образованием более крупных структурных отдельностей.

На конец вегетации озимой ржи независимо от системы обработки почвы наиболее крупные водостойкие агрегаты размером 3,0–7,0 мм преобладали в верхней (0–10 см) части пахотного слоя. Их содержание составляло 10,6–16,4%, тогда как в нижней его части (10–20 см) было существенно ниже – 6,3; 6,6% (табл. 4). Очевидно, это связано с влиянием корневой системы озимой ржи на агрегацию мелких почвенных отдельностей в верхнем корнеобитаемом слое пахотного горизонта. Содержание водопрочных агрегатов размером 3,0–1,0 мм по слоям пахотного слоя выровнялось и составило по отвальной системе обработки 13,7% в слое 0–10 см, 12,0% – в 10–20 см и 15,2 и 15,1% соответственно по безотвальной. Более мелкие водопрочные агрегаты 1,0–0,25 мм преобладали в слое 10–20 см. Независимо от системы обработки почвы (отвальной, безотвальной) их содержание в слое 0–10 см составляло 36,3 и 34,0%,

3. Структурный состав пахотного слоя дерново-подзолистой почвы в зависимости от системы обработки почвы и вида пара, (% от массы агрегатов <0,25–3,0 мм), 2015 г.

Размер агрегатов по фракциям, мм	Слой почвы, см	Отвальная обработка				Безотвальная обработка			
		Б/у (к)	Н	Г	Кл.	Б/у (к)	Н	Г	Кл.
3,0–1,0	0–10	55,8	66,6	58,7	60,7	50,8	57,7	56,8	51,2
	10–20	57,2	67,4	56,1	64,9	57,9	59,8	59,4	58,5
1,0–0,5	0–10	18,2	12,3	14,0	16,2	18,0	17,7	18,0	17,0
	10–20	17,5	16,0	17,2	16,4	17,1	16,6	17,5	16,0
0,5–0,25	0–10	13,9	9,3	13,9	10,6	14,9	13,3	13,1	15,8
	10–20	13,5	9,1	13,5	9,6	13,4	12,8	12,6	12,7
<0,25	0–10	11,9	11,6	13,3	12,5	16,2	11,5	12,0	15,9
	10–20	11,7	7,4	13,1	9,1	11,4	10,7	10,5	12,7
К _{СТР.}	0–10	7,4	7,6	6,5	7,0	5,2	7,7	7,3	5,3
	10–20	7,6	12,4	6,6	10,0	7,7	8,3	8,5	6,8

4. Содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое в зависимости от системы обработки почвы и вида пара, %, 2015 г.

Размер водопрочных агрегатов по фракциям, мм	Слой почвы, см	Отвальная обработка					Безотвальная обработка				
		Б/у (к)	Н	Г	Кл.	Среднее	Б/у (к)	Н	Г	Кл.	Среднее
>3,0	0–10	8,8	11,7	10,1	11,9	10,6	14,2	13,9	16,9	19,1	16,4
	10–20	4,8	6,8	7,2	6,5	6,3	6,0	4,3	5,7	10,3	6,6
3,0–1,0	0–10	13,2	14,0	14,0	13,6	13,7	14,6	14,8	17,8	13,6	15,2
	10–20	11,4	12,8	10,4	13,6	12,0	17,0	9,8	15,2	18,4	15,1
1,0–0,5	0–10	16,5	17,7	15,9	17,4	16,9	13,3	18,4	14,3	16,7	15,7
	10–20	21,3	20,2	22,4	19,1	20,7	17,8	22,3	19,9	17,9	19,5
0,5–0,25	0–10	20,1	20,1	18,6	18,9	19,4	19,8	18,3	19,4	16,7	18,5
	10–20	22,3	21,6	23,2	19,9	21,7	21,6	25,8	24,0	20,9	23,1
0,25–1,0	0–10	36,6	37,8	34,5	36,3	36,3	33,1	36,7	33,7	33,4	34,2
	10–20	43,6	41,8	45,6	39,0	42,4	39,4	48,1	43,9	38,8	42,6
<0,25	0–10	41,3	36,5	39,6	40,0	39,3	38,1	34,6	31,6	33,9	34,5
	10–20	40,2	38,6	37,4	40,3	39,1	37,6	37,8	35,2	32,5	35,8

5. Содержание углерода гумусовых веществ по фракциям агрегатов при сухом и мокром просеивании, %

Размер агрегатов, мм	Сухое просеивание					Мокрое просеивание				
	С ОБЩ.	СОБЩ. в 0,1н NaOH	СГ.К. в 0,1н NaOH	СФ.К. в 0,1н NaOH	СЛОВ в 0,1м Na ₄ P ₂ O ₇	С ОБЩ.	СОБЩ. в 0,1н NaOH	СГ.К. в 0,1н NaOH	СФ.К. в 0,1н NaOH	СЛОВ в 0,1м Na ₄ P ₂ O ₇
<0,25	1,42	0,210	0,140	0,070	0,616	1,30	0,213	0,147	0,007	0,356
0,25–0,5	1,63	0,232	0,162	0,070	0,657	1,51	0,245	0,162	0,094	0,458
0,5–1,0	1,42	0,215	0,134	0,081	0,487	1,69	0,288	0,178	0,116	0,558
НСП ₀₅	Ff < Ft	0,008	0,015	Ff < Ft	0,053	0,12	0,038	Ff < Ft	Ff < Ft	0,031

в слое 10–20 см – 42,4 и 42,6% соответственно. Содержание микроагрегатов (<0,25 мм) по слоям пахотного горизонта было одинаковым. При ежегодной вспашке оно составляло 39,3 и 39,1%, по безотвальной системе обработки почвы – 34,5 и 35,8% соответственно.

Содержание водопрочных агрегатов размером 0,25–1,0 мм в пахотном слое по отвальной и безотвальной системам обработки почвы в среднем по опыту было одинаковым, как в паровом поле (36,6 и 37,6% в слое 0–20 см), так и после уборки озимой ржи (36,3 и 34,2% в слое 0–10 мм и 42,4 и 42,6% в слое 10–20 см). Это даёт нам основание утверждать, что влияние систем обработки почвы на водопрочный состав пахотного слоя в

паровом поле и через год после парования было несущественным, что не противоречит результатам, полученным Н.В. Перфильевым [4].

Определение качественного состава водопрочных агрегатов показало, что по мере увеличения их размера (<0,25 > 0,25–0,5 > 0,5–1,0 мм) возрастало в них и процентное содержание углерода общего гумусового вещества (1,30 > 1,51 > 1,69%). Соответственно увеличивалось и содержание углерода активной части гумуса в вытяжке 0,1 н раствора NaOH и лабильной (С_{ЛОВ}) в вытяжке 0,1 М раствора Na₄P₂O₇ соответственно (0,213 > 0,245 > 0,288%) и (0,356 > 0,458 > 0,558%) (табл. 5). Подобный анализ агрегатов от сухого просеивания не выявил ожидаемой закономерности. Наибольшее содержание

гумусовых веществ было отмечено во фракции агрегатов размером 0,25–0,5 мм. Углерод лабильного гумусового вещества ($C_{\text{ЛОВ}}$) преобладал в более мелких агрегатах <0,25 и 0,25–0,5 мм – 0,616 и 0,657%. В агрегатах размером 0,5–1,0 мм $C_{\text{ЛОВ}}$ составляло 0,487%.

Выводы. Поверхностная заделка навоза, активизируя биологическую активность почвы за счёт поступления в почву несвойственных ей активных штаммов микроорганизмов, приводит к биологическому разрушению (распаковке) более крупных структурных агрегатов с увеличением содержания пылевидной фракции. При этом увеличивается содержание углерода лабильного гумусового вещества – основного источника питания растений. При запашке навоза трансформация его происходит в анаэробных условиях, что положительно влияет на структурный состав почвы.

Влияние системы обработки почвы (отвальной, безотвальной) на водопрочность пахотного слоя в паровом поле и через год после уборки озимой ржи было несущественным.

Выявлено, что с увеличением размера водопрочных агрегатов (<0,25 > 0,25–0,5 > 0,5–1,0 мм) увеличивается в них и процентное содержание углерода

общего гумусового вещества ($1,30 > 1,51 > 1,69\%$), содержание углерода активной части гумуса в вытяжке 0,1 н раствора NaOH ($0,213 > 0,245 > 0,288\%$) и лабильной ($C_{\text{ЛОВ}}$) в вытяжке 0,1 М раствора $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ($0,356 > 0,458 > 0,558\%$).

Литература

1. Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. М.: Гос. изд-во с.-х. лит-ры, 1949. 471 с.
2. Докучаев В.В. Избранные сочинения. М.: Сельхозгиз, 1954. 680 с.
3. Макаров В.И., Глушков В.В. Приёмы обработки почвы под ячмень // Земледелие. 2010. № 6. С. 19–20.
4. Перфильев Н.В. Изменение структуры тёмно-серой лесной почвы при воздействии различных систем основной обработки // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 5. С. 14–17.
5. Белоченко И.С., Славгородская Д.А. Изменение агрегатного состояния чернозёма обыкновенного при внесении органоминерального компоста // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 4. С. 23–25.
6. Голдштайн В., Боинчан Б. Ведение хозяйства на экологической основе в лесостепной и степной зонах Молдовы, Украины и России. М.: Эко Нива, 2000. 272 с.
7. Черкасов Г.Н., Масютенко М.Н., Кузнецов А.В. Влияние системы обработки почвы, вида севооборота и экспозиции склона на агрофизические свойства чернозёма типичного ЦЧЗ // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 1. С. 17–20.
8. Дринча В.Н. Технологические проблемы производства зерна // Земледелие. 2000. № 4. С. 6–7.
9. Рядчиков В.Г. Тенденция производства калорий белка и лизина в мировом земледелии // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2002. № 1. С. 46–49.