

УДК 631.452:631.862(571.13)

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ СВИНОГО НАВОЗА

Азаренко Ю.А., Алексеева Ж.Л.

*ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», Омск,
e-mail: yua.azarenko@omgau.org*

В полевых опытах на лугово-черноземной очень маломощной слабогумусированной почве изучалось действие и последствие твердой фракции свиного навоза на некоторые показатели плодородия: содержание гумуса, его фракционно-групповой состав, содержание обменно-поглощенных катионов, реакцию среды, структурное состояние. Выявлено положительное влияние навоза в год действия и первый год последствия на гумусное состояние почвы. При действии и последствии навоза содержание гумуса увеличилось с 2,0–2,06% на контроле до 2,11–2,15% в вариантах с дозой удобрения 20 т/га и до 2,64–2,67% с дозой 60 т/га. Запасы гумуса в слое 0–20 см возросли до 60,7–61,4 т/га при максимальной дозе удобрения по сравнению с исходным запасом гумуса 46,0–47,4 т/га. В качественном составе гумуса почвы отмечено увеличение доли гуминовых кислот под действием навоза за счет их лабильной фракции на 73–97% и фракции, связанной с устойчивыми полуторными оксидами и глинистыми минералами, на 18–46%. В год действия навоза соотношение углерода гуминовых и фульвокислот (Сгк/Сфк) увеличилось от 1,64 до 2,15–2,18. Существенных изменений состава обменно-поглощенных катионов и реакции среды под действием навоза не выявлено, однако наблюдалась тенденция к увеличению суммы поглощенных оснований. Навоз не оказал положительное влияние на структурно-агрегатный состав лугово-черноземной почвы. Статистически значимое увеличение количества водопрочных агрегатов почвы, как в период действия, так и в годы последствия твердой фракции навоза наблюдалось только при его дозе 60 т/га.

Ключевые слова: лугово-черноземная почва, Омское Прииртышье, свиной навоз, гумус, физико-химические свойства, структура почвы

CHANGES IN FERTILITY INDICATORS OF MEADOW CHERNOZEMIC SOILS OF OMSK IRTYSH REGION IN CONDITIONS OF PIG MANURE APPLICATION

Azarenko Yu.A., Alekseeva Zh.L.

*Higher Education Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin,
Omsk, e-mail: yua.azarenko@omgau.org*

In field experiments on meadow-chnozemic very low-power weakly-humus soil, the effect and consequences of the solid fraction of pig manure on some fertility indicators were studied: humus content, its fractional group composition, content of exchange-absorbed cations, soil reaction, structural state. The positive effect of manure was revealed in the year of action and the first year of aftereffect on the humus state of the soil. Under the action and consequences of manure, the content of humus increased from 2,0-2,06% on control to 2,11-2,15% in variants with a fertilizer dose of 20 t/hectare and to 2.64-2.67% with a dose of 60 t/hectare. The humus reserves in the 0-20 cm layer increased to 60,7-61,4 t/ha with the maximum dose of fertilizer as compared with the initial humus reserve of 46,0-47,4 t/hectare. In the qualitative composition of soil humus, an increase in the proportion of humic acids under the action of manure due to their labile fraction by 73-97% and the fraction associated with stable sesquioxides and clay minerals by 18-46% was noted. In the year of manure, the ratio of carbon humic and fulvic acids (Cha/Cfa) increased from 1,64 to 2,15-2,18. Significant changes in the composition of the exchange-absorbed cations and the reaction of the soil under the action of manure were not detected, however, there was a tendency to an increase in amount of absorbed bases. Manure did not have a positive effect on the structural-aggregate composition of the meadow-chnozemic soil. A statistically significant increase in the number of water-resistant aggregates of the soil, both in the period of action and in the years of consequence of the solid fraction of manure, was observed only at its dose of 60 t/hectare.

Keywords: meadow-chnozemic soil, Omsk Irtysk region, pig manure, humus, physical and chemical properties, structure of soil

Проблема сохранения плодородия пахотных почв в современных условиях не теряет своей актуальности. Интенсивное агрогенное воздействие на почвы без применения мер по сохранению их плодородия приводит к ухудшению баланса элементов питания, гумуса, физико-химических и водно-физических свойств. Так, по данным агрохимической службы Омской области за период с 1990 по 2015 г. средневзвешенное содержание гумуса в почвах региона уменьшилось

с 5,34 до 5,0%. При среднем уровне применения минеральных удобрений 2,2 кг/га и органических 0,8 т/га пашни сохраняется отрицательный баланс азота, фосфора и калия [1]. В этих условиях возрастает роль использования в земледелии биологических ресурсов, в том числе органических удобрений [2]. В настоящее время в регионе работает ряд крупных животноводческих комплексов по производству свинины. Внедрение на производстве современных

технологий разделения навоза на жидкую и твердую фракции, систем подготовки, хранения и внесения в почву позволяет повысить продуктивность сельскохозяйственных культур с соблюдением природоохранных требований.

Значение свиного навоза как средства повышения урожайности сельскохозяйственных культур показано в разных регионах страны [3, 4], в том числе в Омской области [5, 6]. В то же время исследований по изменению параметров плодородия почв региона проведено недостаточно. Целью наших исследований являлось изучение действия твердой фракции свиного навоза на показатели почвенного плодородия лугово-черноземной почвы: содержание и состав гумуса, физико-химические свойства, структурное состояние.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в 2016–2018 гг. в полевых опытах, заложенных на опытном поле Омского ГАУ. Территория г. Омска относится к подзоне южной лесостепи. В геоморфологическом отношении опытный участок расположен на равнинной поверхности второй надпойменной террасы реки Иртыш, сложенной аллювиальными отложениями.

Объектом исследования была лугово-черноземная очень маломощная слабогумусированная среднесуглинистая почва (по классификации почв России 2004 г. агро-чернозем квазиглееватый среднепахотный среднесуглинистый). По степени эродированности почва является среднесмытой за счет процессов плоскостного смыва.

Опыты закладывали в 2016 и 2017 гг. в непосредственной близости на одной почвенной разности. Использовали твердую фракцию навоза свиноводческого комплекса ООО «РУСКОМ-Агро» Кормиловского района в дозах 20, 30, 40, 50, 60 т/га при его естественной влажности. В статье приводятся данные по влиянию минимальной и максимальной доз навоза на свойства почвы. Навоз вносили весной до посева с последующей заделкой под вспашку на глубину 20 см. Химический состав навоза при естественной влажности: N – 0,57–0,59%, P₂O₅ – 1,08–1,13%, K₂O – 0,14–0,21%, содержание органического вещества 81,2–82,1%, pH 7,4–8,0, влажность 73,6–73,7%. Возделываемая культура – пшеница сорта «Элемент-22». Площадь деланки 18 м², повторность трехкратная. Почвенные пробы отбирали после уборки пшеницы буром на глубину 0–20 см. В пробах почвы определя-

ли содержание гумуса по И.В. Тюрину в модификации В.Н. Симакова с дополнениями Б.А. Никитина; групповой и фракционный состав гумуса – по И.В. Тюрину в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой; pH водной суспензии потенциометрическим методом. Обменно-поглощенные катионы вытесняли 1М CH₃COONH₄ с последующим определением кальция и магния трилонометрическим методом, натрия на пламенном фотометре. Анализ структурно-агрегатного состава почвы проводили по Н.И. Савинову, водопрочность воздушно-сухих структурных агрегатов размером 3–5 мм по П.И. Андрианову в модификации Н.А. Качинского.

Результаты исследования и их обсуждение

Одним из основных показателей плодородия почвы является содержание и качественный состав гумуса. Исследованная лугово-черноземная почва имела низкое его содержание, связанное с воздействием процессов плоскостного смыва, а также с ее длительным сельскохозяйственным использованием (табл. 1).

Запасы гумуса в слое 0–20 см почвы оценивались как очень низкие. Применение органического удобрения в год действия вызвало увеличение содержания гумуса и его запасов в почве на 7,5% при дозе 20 т/га и на 33,5% в варианте с дозой 60 т/га. В первый год последействия навоза более высокий уровень содержания гумуса в пахотном слое почвы (на 28,5% по сравнению с контролем) сохранялся только при максимальной дозе удобрения. Увеличение количества гумусовых веществ в почве при внесении навоза связано с высоким содержанием в нем углеродсодержащих органических веществ, в том числе частично гумифицированных. На второй год последействия статистически достоверных различий в содержании гумуса между вариантами не наблюдалось при сохранении тенденции к его увеличению в варианте с дозой 60 т/га.

Лугово-черноземная почва характеризовалась фульватно-гуматным типом гумуса (табл. 2).

Среди гуминовых кислот преобладала фракция (ГК2), связанная с кальцием (30,76% общего углерода и 57,1% общей суммы ГК). Доля гуминовых кислот, прочно связанных с глинистыми минералами и устойчивыми полуторными оксидами (фракция ГК3), была меньше: 15,7% от общего содержания углерода. На долю фракции ГК1 (свободная и связанная с подвижными полуторными

оксидами) приходилось всего 7,4% углерода. Между тем именно эта фракция играет наиболее важную роль в питании растений. Среди ФК количество «агрессивных» фульвокислот (ФК1а) занимало 14,7% их общей суммы. Содержание остальных фракций этой группы кислот распределилось приблизительно в равных долях.

Действие свиного навоза за вегетационный период вызвало определенные изменения фракционно-группового состава гумуса почвы. В вариантах с удобрением увеличилось содержание углерода гуминовых кислот, среди которых доля свободных кислот возросла на 73-97% по сравнению с контролем и достигла 14,6% от общего содержания углерода. Увеличение содержания фракций ГКЗ, связанных с устойчивыми полуторными оксидами и глинистыми минералами, достигало 18–46%. Степень гумификации органического вещества по

всем вариантам опыта была очень высокая. В составе ФК было отмечено снижение содержания фракций ФК1 и ФК3 и увеличение доли ФК, связанных с фракцией ГК2, т.е. связанных с кальцием. Общее содержание углерода ФК в почве под действием навоза существенно не изменилось. В вариантах с внесением свиного навоза отмечалось увеличение соотношения Сгк/Сфк до 2,15–2,18 и изменение типа гумуса от фульватно-гуматного до гуматного.

В год последствия удобрения сохранялось не только более высокое содержание углерода в почве, но и более высокое содержание лабильной фракции ГК-1 (табл. 2). Повышение содержания гуминовых кислот и снижение доли фульвокислот при заметном изменении соотношения Сгк/Сфк в сторону его расширения наблюдалось в опытах на лугово-черноземной почве с длительным применением навоза крупного рогатого скота [2].

Таблица 1

Содержание и запасы гумуса в слое 0–20 см лугово-черноземной почвы в условиях применения твердой фракции свиного навоза (опыт 1)

Вариант	Гумус, %	Оценка содержания гумуса	Запасы гумуса в слое 0–20 см, т/га	Оценка запасов гумуса
1-й год действия, 2016 г.				
Контроль	2,00 ± 0,03	низкое	46,0 ± 0,19	очень низкие
Навоз 20 т/га	2,14 ± 0,01	низкое	49,2 ± 0,27	очень низкие
Навоз 60 т/га	2,67 ± 0,01	низкое	61,4 ± 0,30	низкие
1-й год последствия, 2017 г.				
Контроль	2,06 ± 0,04	низкое	47,4 ± 0,89	очень низкие
Навоз 20 т/га	2,11 ± 0,04	низкое	48,5 ± 0,75	очень низкие
Навоз 60 т/га	2,64 ± 0,07	низкое	60,7 ± 1,68	низкие
2-й год последствия, 2018 г.				
Контроль	2,10 ± 0,04	низкое	48,4 ± 0,84	очень низкие
Навоз 20 т/га	2,09 ± 0,08	низкое	48,0 ± 1,93	очень низкие
Навоз 60 т/га	2,45 ± 0,02	низкое	56,3 ± 0,41	низкие

Примечание. Плотность почвы в слое 0–20 см 1,15 г/см³. Величина НСР₀₅ для содержания гумуса в 2016 г. 0,13%, в 2017 и 2018 гг. 0,41%.

Таблица 2

Групповой состав гумуса в слое 0–20 см лугово-черноземной почвы в условиях применения твердой фракции свиного навоза (опыт 1)

Вариант	1 год действия, 2016 г.				1 год последствия, 2017 г.	
	С _{общ} * %*	Сгк	Сфк	Сгк/Сфк	С _{общ} * почвы, %	Сгк-1, % от С _{общ}
Контроль	1,16	53,9	32,8	1,64	1,19	4,3
Навоз 20 т/га	1,24	62,9	28,9	2,18	1,22	10,6
Навоз 60 т/га	1,55	64,5	30,0	2,15	1,53	10,4

Примечание. Сгк – углерод гуминовых, Сфк – углерод фульвокислот; * – от массы почвы.

Таблица 3

Физико-химические свойства слоя 0–20 см лугово-черноземной почвы в условиях применения твердой фракции свиного навоза (2017 г.)

Вариант	рН	Ca ²⁺		Mg ²⁺		Na ⁺		S*, ммоль/100 г
		ммоль/100 г	%	ммоль/100 г	%	ммоль/100 г	%	
1-й год действия навоза (опыт 2)								
Контроль	6,38	9,58	52,6	7,92	43,5	0,70	3,84	18,2
20 т/га	6,35	11,7	57,9	8,03	39,8	0,46	2,28	20,2
60 т/га	6,48	10,4	48,8	10,4	48,8	0,45	2,11	21,3
1-й год последействия навоза (опыт 1)								
Контроль	6,71	9,60	52,7	7,90	43,4	0,71	3,90	18,2
20 т/га	6,65	10,0	51,8	8,75	45,3	0,48	2,49	19,3
60 т/га	6,47	10,8	53,7	8,75	43,5	0,48	2,39	20,1

Примечание. * – сумма поглощенных оснований. НСР₀₅ для Ca²⁺ в год действия 1,46, в год последействия 1,47 ммоль/100 г, для Mg²⁺ 2,95 и 2,91 ммоль/100 г.

Таблица 4

Показатели структурного состояния пахотного слоя лугово-черноземной почвы (опыт 1)

Вариант	K _{агр}	Количество агрономически ценных агрегатов, %	K _{стр}	Количество водопрочных агрегатов, %
2016 г., 1-й год действия навоза				
Контроль	67,4	57,7	1,36	10,0 ± 1,63
Навоз 20 т/га	66,6	56,6	1,30	12,7 ± 0,67
Навоз 60 т/га	76,0	46,2	0,86	16,7 ± 2,40
2017 г., 1-й год последействия навоза				
Контроль	84,0	45,4	0,80	22,5 ± 1,44
Навоз 20 т/га	82,9	48,4	0,90	26,7 ± 5,46
Навоз 60 т/га	82,2	44,3	0,80	33,3 ± 3,31
2018 г., 2-й год последействия навоза				
Контроль	91,0	43,4	0,77	10,0 ± 2,89
Навоз 20 т/га	93,6	30,6	0,44	10,8 ± 0,83
Навоз 60 т/га	92,6	42,0	0,72	25,0 ± 3,82

Примечание. K_{агр} – коэффициент агрегированности, рассчитан как сумма агрегатов > 0,50 мм; K_{стр} – коэффициент структурности, рассчитан как отношение агрономически ценных агрегатов 0,25–10 мм к сумме агрегатов < 0,25 мм и > 10 мм. Величина НСР₀₅ для количества водопрочных агрегатов в 2016 г. 6,33%, в 2017 г. 8,67%, в 2018 г. 9,46%.

Одними из показателей плодородия почвы являются состав и количество обменно-поглощенных катионов, а также реакция среды. Почва контрольного варианта имела сравнительно небольшую величину суммы обменных катионов (18,2 ммоль/100 г), связанную с низким содержанием гумуса и среднесуглинистым гранулометрическим составом (табл. 3).

Соотношение обменно-поглощенных катионов с агроэкологической точки зрения не являлось оптимальным. При низком содержании обменного кальция в почве (52,6–52,7% суммы катионов) наблюдалось

повышенное количество магния, на долю которого приходится 43,4–43,5%.

Применение навоза не вызвало существенных изменений состава и соотношения обменно-поглощенных катионов почвы. Однако четко наметилась тенденция к увеличению их суммы на 10,4–17,0% по отношению к контрольному варианту. Реакция среды в пахотном слое лугово-черноземной почвы в контрольных вариантах изменялась от слабокислой до близкой к нейтральной. Применение органического удобрения не повлияло существенно на величину рН водной суспензии. Даже при

внесении навоза с рН 8,0 в 2017 г. не отмечено подщелачивания почвы.

Одним из важнейших свойств почвы, определяющим физические и физико-механические свойства, воздушный, водный режимы и в целом ее плодородие, является структура. Пахотный слой лугово-черноземной почвы морфологически характеризовался пылевато-глыбисто-комковатой структурой, характерной для длительно используемых в пашне почв. Почва опытного участка имеет неблагоприятное структурное состояние в связи с низким содержанием органического вещества и лабильных фракций гуминовых кислот, обменно-поглощенного кальция и его неблагоприятным соотношением с магнием, воздействием эрозионных процессов, ежегодными механическими обработками. По количеству агрегатов с размером более 0,5 мм почва имеет среднюю и хорошую степень агрегированности. Однако значительная их доля входит в состав фракций с размером > 10 мм (44,3–53,6%) и < 0,25 мм (10,3–14,8%). В соответствии с этим количество агрономически ценных по размерам агрегатов в почве контрольных вариантов было небольшим, но оценивалось как удовлетворительное (табл. 4).

Навоз оказывал неустойчивое влияние на структуру почвы. Так, в опыте 1 в год действия отмечалось снижение количества агрономически ценных агрегатов и величины коэффициента структурности за счет увеличения глыбистых агрегатов (табл. 4). В то же время в опыте 2 в период действия, напротив, было установлено увеличение коэффициента структурности с 0,46 на контроле до 1,20–0,70 в вариантах с навозом, уменьшение содержания фракции агрегатов > 10 мм и увеличение количества мезоагрегатов размером 3–5 мм. При последствии навоза существенных изменений структурно-агрегатного состава почвы не было выявлено.

Количество водопрочных агрегатов размером 3–5 мм в пахотном слое почвы контрольных вариантов в разные годы изменялось от 10,0 до 22,5% и оценивалось как низкое. Действие навоза в дозе 60 т/га привело к существенному увеличению их доли на 67,0%, однако водопрочность структуры оставалась неудовлетворительной. В годы последствия органического удобрения его положительное существенное влияние на количество устойчивых к воздействию воды агрегатов, также сохранялось только при дозе навоза 60 т/га. Следует отметить, что формирование структуры почвы яв-

ляется длительным процессом, происходящим под действием комплекса механических, физико-химических, химических и биологических факторов. Для улучшения структурного состояния почвы требуется не одноразовое, а систематическое применение органических удобрений в сочетании с рациональной системой обработки почвы и севооборотом.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о положительном влиянии твердой фракции свиного навоза на показатели эффективного плодородия лугово-черноземной очень маломощной слабогумусированной среднесмытой почвы. Применение навоза в дозах 20 и 60 т/га вызвало улучшение гумусного состояния почвы в период его действия и первый год последствия. Содержание и запасы гумуса в год действия удобрения существенно увеличивались на 7,5 и 33,5% соответственно дозам, в первый год последствия – на 28,0% в варианте с дозой навоза 60 т/га. В составе гумуса произошло увеличение содержания гуминовых кислот и их лабильной фракции, участвующей в питании растений, на 73–97% в год действия навоза и до 2,5 раз в первый год последствия. Действие свиного навоза способствовало увеличению соотношения Сгк/Сфк от 1,64 до 2,15–2,18 и изменению типа гумуса от фульватно-гуматного до гуматного. Состав обменно-поглощенных катионов и реакция среды в условиях применения навоза отличались большей стабильностью, при этом наблюдалась тенденция возрастания величины суммы поглощенных оснований. Увеличение количества водопрочных агрегатов в год действия и два года последствия навоза наблюдалось только при его максимальной дозе. В целом наиболее значимое влияние на гумусное состояние и водопрочность структуры лугово-черноземной почвы оказала доза твердой фракции свиного навоза 60 т/га.

Список литературы / References

1. Красницкий В.М., Шмидт А.Г. Динамика плодородия пахотных почв Омской области и эффективность использования средств его повышения в современных условиях // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 7. С. 34–37.
2. Воронкова Н.А. Биологические ресурсы и их значение в сохранении почвенного плодородия и повышении про-

дуктивности агроценозов Западной Сибири: монография. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. 188 с.

Voronkova N.A. Biological resources and their importance in preserving soil fertility and increasing the productivity of agrocenoses in Western Siberia: monograph. Omsk: Omsk State Technical University Publishing House, 2014. 188 p. (in Russian).

3. Бабенко М.В. Влияние отдельных фракций свиного навоза на продуктивность зернотравяного звена севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Москва, 2016. 21 с.

Babenko M.V. The influence of individual fractions of pig manure on the productivity of the grain-grass link of crop rotation and fertility of sod-podzolic sandy loam soil: avtoref. dis. ... cand. s.-h. sciences. Moscow, 2016. 21 p. (in Russian).

4. Мерзлая Г.Е., Щеголева И.В., Леонов М.В. Использование свиного навоза для удобрения сельскохозяйственных культур // Перспективное свиноводство: теория и практика. 2012. № 5 [Электронный ресурс]. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_18306890_59539773.pdf (дата обращения: 19.12.2018).

Merzlaya G.Ye., Schegoleva I.V., Leonov M.V. The use of pig manure for fertilizing crops // Perspective pig breeding: theory and practice. 2012. № 5 [Electronic resource]. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_18306890_59539773.pdf (date of access: 19.12.2018) (in Russian).

5. Баранова Е.В., Шуманева М.В. Влияние твердых органических удобрений на продуктивность яровой пшеницы и плодородие лугово-черноземной почвы Омской области // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2017. № 2 (9) [Электронный ресурс]. URL: <http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2017/2/00333.pdf> (дата обращения: 19.12.2018).

Baranova E.V., Shumaneva M.V. The Effect of solid organic fertilizers on the productivity of spring wheat and the fertility of meadow-chernozem soil of Omsk Region // Electronic scientific and methodical journal of the Omsk State Agrarian University. 2017. № 2 (9) [Electronic resource]. URL: <http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2017/2/00333.pdf> (date of access: 19.12.2018) (in Russian).

6. Щербина Н.И., Филиппов А.В. Оптимизация применения свиного бесподстилочного навоза при выращивании ярового ячменя на лугово-черноземной почве // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2017. № 2 (9) [Электронный ресурс]. URL: <http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2017/2/00361.pdf> (дата обращения: 19.12.2018).

Scherbina N.I., Filippov A.V. Optimization of application of liquid swine manure in the cultivation of spring barley on meadow-chernozem soil // Electronic Scientific Methodological Journal of Omsk State Agrarian University. 2017. № 2 (9) [Electronic resource]. URL: <http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2017/2/00361.pdf> (date of access: 19.12.2018) (in Russian).