

УДК 631.41

Влияние органических удобрений на физико-химические и агрохимические свойства дерново-подзолистых почв

Седых В.А.¹, Савич В.И.², Ефимов О.Е.², Рашкович В.Н.²

¹Научно-исследовательский институт ФСИН России

²РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Аннотация

Исследование влияния подстилочного куриного помета, вносимого в дозах 500–1000 т/га, показало существенное увеличение содержания гумуса в почвах – до 2,8-5,2 %, повышение содержания в почвах термофильной микрофлоры – до 12·10⁵ КОЕ/г, повышение содержания подвижных фосфатов – до 1200 мг/кг. Однако при этом увеличилось и содержание подвижных форм тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Ni).

Увеличение содержания в почвах гумуса положительно коррелировало с содержанием подвижных фосфатов (r до 0,5).

Ключевые слова: ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТАЯ ПОЧВА, УДОБРЕНИЯ, КУРИНЫЙ ПОМЕТ, АГРОХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Введение

Птичий помет является ценным органическим удобрением, однако внесение его на поля в слишком больших дозах вызывает загрязнение окружающей среды патогенными микроорганизмами, тяжелыми металлами, водорастворимым органическим веществом: высоких уровней достигает содержание подвижных форм фосфора и калия, что нарушает соотношение между элементами питания растений [1, 2]. Однако для разных типов почв легкого и тяжелого гранулометрического состава, расположенных на определенных элементах рельефа, и в зависимости от климатических условий региона изменение свойств почв при внесении высоких доз птичьего помета отличается. Внесение высоких доз орга-

нических удобрений на основе птичьего помета приводит и к изменению структурных взаимосвязей между свойствами почв [3-5]. В связи с изложенным, изучение закономерностей взаимодействия птичьего помета с почвами представляет несомненный теоретический и практический интерес.

Методика исследования

Объектом исследования выбраны почвы 17 птицеводческих хозяйств Московской области, представленные, в основном, дерново-подзолистыми легко-, средне- и тяжелосуглинистыми, а также серыми лесными почвами.

Методика исследования состояла в статистической обработке данных агрохимического обследования почв области и в углубленном изучении дерново-подзолистых среднесуглинистых почв Петелинской птицефабрики, удобренных в производственных условиях разными дозами органических удобрений на основе птичьего помета (100 т/га при низких дозах, 500 – при средних дозах и 1000 т/га – при высоких дозах).

Экспериментальная часть

Внесение в почвы высоких доз птичьего помета и органических удобрений на его основе приводит к увеличению содержания гумуса в почве. Однако, в связи с усиленной минерализацией поступающих в почву органических соединений, увеличение в удобренных птичьим пометом почвах гумуса не так велико, как увеличение подвижных форм фосфора и калия. В значительной степени влияние органических удобрений на содержание гумуса в почве и плодородие почв обусловлено содержанием в органическом удобрении энергии, его комплексообразующей способностью, влиянием органического вещества на развитие микрофлоры. Очевидно, что степень минерализации и трансформации соединений птичьего помета в почву зависит от гранулометрического состава и свойств почв, факторов почвообразования. Существенное влияние на гумусовое состояние почв оказывает и состав птичьего помета. Так, в бесподстилочном свежем помете содержание воды достигает 81%; N – 0,9%; P₂O₅ – 1%; K₂O – 0,4%. В подстилочном в широкогабаритных птичниках воды – до 13%, N, P₂O₅, K₂O, соответственно, 2,5; 2,8 и 1 % [6, 7]. Полученные нами данные для дерново-подзолистых среднесуглинистых почв Петелинской птицефабрики приведены в таблице 1.

Таблица 1. Изменение содержания гумуса по профилю почв при внесении в них птичьего помета

Вариант, горизонт	Гумус, %	E ₄ в водной вытяжке*
низкие и средние дозы помета		
Ап и А ₁	2,8±0,3	1,90±0,1
А ₂ ; А ₂ В, В ₁ ; В ₂	0,7±0,1	0,14±0,01
высокие дозы		
Ап	5,2±1,1	2,00±0,1
А ₂ В, В, В ₂	0,7±0,1	0,23±0,02

Примечание: * – оптическая плотность при 465 нм.

Как видно из представленных данных, при внесении в почву больших доз птичьего помета в них образуется больше гумуса и больше водорастворимого органического вещества.

При больших дозах внесения птичьего помета в почву в ней развивалось и большое количество микроорганизмов. Содержание термофильных микроорганизмов КоЕ/г составляло при средних дозах внесения помета в Ап и А₁, соответственно, $1,2 \cdot 10^5$ и $1,5 \cdot 10^4$, общее микробное число – $2,5 \cdot 10^6$ и $2,0 \cdot 10^5$. Увеличение содержания гумуса в почвах привело и к увеличению содержания в них подвижных форм фосфора, суммы обменных оснований. Это иллюстрируют данные таблицы 2.

Таблица 2. Содержание гумуса и суммы поглощенных оснований в почвах при разном содержании подвижных фосфатов

Гранулометрический состав	Горизонт	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	S, мг·экв/100 г
Петелинская ПТФ				
среднесуглинистый	Ап	3,1±0,2	1180	14,0
	А ₂ , А ₂ В	2,4±0,1	731	11,9
легкосуглинистый	Ап	2,9±0,2	1220	12,0
	А ₂ , А ₂ В	2,0±0,1	765	11,6
Братцевская ПТФ				
легкосуглинистый	Ап	1,8±0,1	1216	10,4
	А ₂ , А ₂ В	1,7±0,1	624	9,2
Ногинская ПТФ				
супесь	Ап	5,4±0,4	1067	8,5
	А ₂ , А ₂ В	3,5±0,2	419	4,7

Как видно из представленных данных, тенденция к увеличению содержания гумуса в почвах соответствует увеличению подвижных форм фосфатов и суммы обменных оснований, сужению отношения кальция и магния. Очевидно, гумусовые соединения почв

имеют большую селективность к кальцию, чем органические компоненты птичьего помета и продукты его первичной трансформации [3].

По полученным нами данным, для почв Ногинской ПТФ при содержании органического вещества 5,4% отношение обменных Ca : Mg составляло 3,2, а при содержании гумуса 3,5% эта величина равнялась 4,2. Для почв Раменской ПТФ при содержании гумуса 2,0% отношение Ca : Mg составляло 3,5, а при содержании гумуса 1,7% указанное отношение равнялось 4,5.

В определенной степени содержание органического вещества коррелирует с содержанием подвижных форм тяжелых металлов в почвах, что иллюстрируют данные таблицы 3.

Таблица 3. Связь гумусированности и содержания подвижных форм тяжелых металлов в дерново-подзолистых супесчаных почвах (Ногинская ПТФ)

Гумус, %	Содержание, мг/кг			
	Pb	Zn	Ni	Cu
5,3	9,2±0,9	32,5±3,6	7,3±1,5	5,5±1,2
3,5	8,0±0,4	29,2±7,9	6,1±2,4	4,1±0,4

Как видно, отмечается тенденция увеличения содержания тяжелых металлов в почвах с увеличением их гумусированности. Это, очевидно, связано с увеличением растворимости осадков тяжелых металлов за счет комплексообразования с органическими лигандами органических удобрений и частично с внесением тяжелых металлов с дозами удобрений. В то же время содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах в большей степени коррелировало с содержанием подвижных фосфатов (табл. 4).

Таблица 4. Связь подвижности тяжелых металлов в почвах со свойствами дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (Марьинская ПТФ), мг/кг

P ₂ O ₅ , мг/кг	Гумус, %	K ₂ O	Ca*	Mg*	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	S
1116,9±70,4	2,7±0,2	372,6±19,8	11,8±0,2	3,1±0,1	0,3±0,03	14,6±0,2	44,3±4,2	8,8±0,2	11,6±0,3	-
632,5±73,3	2,0±0,1	236,3±21,2	11,9±0,4	2,8±0,1	0,3±0,03	14,5±0,5	36,4±2,6	7,9±0,3	13,1±0,6	-
Max 1259	5,9	424	-	-	1,8	17,4	85,2	16,7	18,7	40,0

Примечание: * – мг-экв/100 г.

С нашей точки зрения, содержание подвижных фосфатов в почвах в большей сте-

пени коррелирует с дозами внесения в почву птичьего помета, чем содержание гумуса и подвижных форм калия. Это обусловлено тем, что органическое вещество минерализуется, а калий при промывном типе водного режима в значительной степени вымывается за пределы почвенного профиля [8].

Как видно из представленных данных, при максимальном содержании фосфатов в изучаемых почвах содержание подвижных форм тяжелых металлов выше. При этом содержание подвижных фосфатов в почвах не всегда хорошо коррелирует с содержанием в них гумуса. Часть вычисленных нами уравнений парной корреляции приведена в таблице 5.

Таблица 5. Парная корреляция взаимосвязей подвижных фосфатов в почвах с содержанием гумуса

P ₂ O ₅ , мг/кг	Уравнения регрессии	Коэффициенты регрессии		Индекс корреляции
		А	В	
дерново-подзолистая среднесуглинистая почва				
> 500	1	82,2	434,5	0,52
	10	356,9	873,5	0,51
130-500	1	31,6	123,5	0,27
дерново-подзолистая супесчаная почва				
> 500	1	1309,4	-104,0	-0,58
	2	0,0006	0,0002	0,60
30-100	1	58,3	0,81	0,05

Примечание: здесь уравнения 1 – $Y = A + Bx$; 2 – $Y = 1/(A+Bx)$; уравнение 10 – $Y = A + B \ln x$

По полученным данным, более тесная зависимость содержания в почвах гумуса и подвижных фосфатов отмечается для почв более легкого гранулометрического состава и при содержании подвижных фосфатов более 500 мг/кг.

Внесение высоких доз птичьего помета в почву приводит и к увеличению в ней подвижных форм калия, так как содержание калия в подстилочном помете 40% влажности составляет около 1%. Несмотря на значительно большее вымывание калия из почв по сравнению с фосфором, при больших дозах рассматриваемого органического удобрения, калий накапливается в почве. Увеличение содержания подвижного калия в почвах выше показателей, необходимых для модели плодородия, приводит к подщелачиванию среды, диспергированию почв, к уменьшению содержания в почвах гумуса. Однако степень проявления этих факторов неодинакова и зависит от генезиса почв, климата, гранулометриче-

ского состава почв. Иллюстрацией высказанных положений являются материалы таблиц 6, 7. В то же время повышение содержания калия в почвах приводит к диспергированию минеральной части почв и органического вещества [4, 5]. Это соответствует некоторому уменьшению содержания гумуса в почвах, что подтверждается данными таблицы 6.

Таблица 6. Связь содержания подвижных форм калия и рН среды в дерново-подзолистых почвах Егорьевской ПТФ

Содержание K_2O , мг/кг	pH_{HCl}	N_r , мг·экв/100 г	Гумус, %
$362,5 \pm 34,9$	$6,0 \pm 0,2$	$1,6 \pm 0,2$	$2,8 \pm 0,3$
$148,2 \pm 7,4$	$5,6 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,2$	$2,7 \pm 0,2$
max 500	5,9	1,7	2,0
min 35	4,2	5,6	2,5

Примечание: гранулометрический состав –средний и легкий суглинок, n = 56

Высокое содержание калия в почве соответствует и большим дозам органических удобрений. Высокие дозы органических удобрений привели к увеличению содержания всех фракций подвижного калия. Так, при низкой, средней, высокой и очень высокой дозе внесения в почву помета содержание калия (мг/100 г) для дерново-среднеподзолистых почв Петелинской ПТФ составило для водорастворимых форм, соответственно, в Ап 2,6; 10,7; 47,7 и 88,2 мг/100 г; для фракции, растворимой в 0,2н HCl, соответственно, 12; 28; 55 и 93; для фракции, растворимой в 1н CH_3COONH_4 , соответственно, 11; 34; 79 и 122; для фракции, растворимой в 2н HCl, соответственно, 42; 122; 139 и 150 мг/100 г. При внесении в почвы высоких доз птичьего помета меняются и структурные взаимосвязи между свойствами почв. При этом связи отличались для почв разного гранулометрического состава и с различной степенью удобренности пометом (с разным содержанием подвижных форм P_2O_5). Это иллюстрируется данными таблицы 7.

Представленные данные показывают, что из изученных взаимосвязей более значимы коэффициенты корреляции $K = f(P_2O_5)$. Коэффициент множественной корреляции зависимости содержания подвижного калия от степени гумусированности и подвижных фосфатов несколько выше для почв с содержанием $P_2O_5 > 500$ мг/кг. Отмечается тенденция увеличения изучаемых коэффициентов корреляции с утяжелением гранулометрического состава почв и с увеличением содержания в них подвижных фосфатов.

Таким образом, внесение в почвы высоких доз птичьего помета в производственных условиях существенно увеличило содержание в почвах подвижных фосфатов до ве-

личины > 1500 мг/кг, калия – до величин > 400 мг/кг, изменило структурные взаимосвязи между агрохимическими и физико-химическими свойствами почв. Отмечается тенденция увеличения содержания подвижных форм тяжелых металлов. При этом произошедшие изменения отличаются для почв легкого и тяжелого гранулометрического состава с содержанием $P_2O_5 > 500$ мг/кг и менее 500 мг/кг.

Таблица 7. Коэффициенты корреляции между агрохимическими и физико-химическими свойствами почв, в разной степени удобренных птичьим пометом

Группы почв	Коэффициенты корреляции			R ²
	K = f(Γ)	K = f(P ₂ O ₅)	P ₂ O ₅ = f(Γ)	
с содержанием P ₂ O ₅ > 500 мг/кг				
л/с – супесь	0,28±0,10	0,57±0,07	0,41±0,09	0,46±0,09
ср/с – т/с	0,36±0,07	0,67±0,06	0,41±0,09	0,50±0,08
с содержанием P ₂ O ₅ < 500 мг/кг				
л/с – супесь	0,32±0,06	0,61±0,05	0,39±0,06	0,48±0,06
ср/с – т/с	0,35±0,05	0,34±0,05	0,31±0,04	0,30±0,04

Примечание: для 17 птицеводческих хозяйств.

Согласно проведенным исследованиям, внесение в дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы Московской области, развитые на покровных отложениях, умеренных доз органических удобрений на основе птичьего помета (порядка 30-100 т/га) приводит к увеличению плодородия почв. Так, в почвах птицефабрики №1 сводный балл плодородия почв достигал 98,4±0,3; рН = 5,9±0,1; содержание подвижных форм P₂O₅ и K₂O, соответственно, 104,9±5,5 и 25,5±2,4 мг/100 г почв; сумма поглощенных оснований мг-экв/100 г – 12,0±0,5; содержание органического вещества – 2,3±0,1. Для птицефабрик №2 и №3 эти показатели были, соответственно, равны: балл 98,1±0,1 и 98,3±0,6; рН – 5,9±0,2 и 5,8±0,1; P₂O₅ – 51,1±5,0 и 104,5±6,2; K₂O – 20,7 и 24,3±2,3; S – 12,1±0,2 и 13,4±0,5; органическое вещество – 2,5±0,1 и 2,9±0,1. Указанные закономерности подтверждаются анализом 64 образцов для 17 птицеводческих хозяйств Московской области.

Однако, с нашей точки зрения, при оценке влияния органических удобрений на состояние почв и развитие растений необходимо учитывать не только содержание в них биофильных элементов и токсикантов, но и функциональные свойства применяемых удобрений, информационно-энергетическую функцию применяемых удобрений. Птичий помет содержит значительное количество энергии, и внесение его больших доз переводит почвы на новый энергетический уровень. Большое количество содержащихся в рассмат-

риваемых удобрениях микроорганизмов является запускающим механизмом для ряда последовательных трансформаций минеральной и органической частей почвы. Информационная функция рассматриваемых удобрений обусловлена и изменением структурных взаимосвязей в почвах при их внесении.

В то же время неоправданно высокие дозы помета, вносимые в почву, приводят к деградации почв и нарушению экологического равновесия во всех компонентах экологической системы и изменению взаимосвязей между ними. Негативными последствиями внесения неоправданно высоких доз является уплотнение почв, потеря структуры, загрязнение почв патогенами, нитратами, биофильными элементами и токсикантами водной и воздушной среды, выращиваемых растений, уменьшение числа степеней свободы сельскохозяйственного использования почв. С нашей точки зрения, влияние сверхвысоких доз помета на деградацию почв также следует рассматривать как изменение аккумуляции, миграции и трансформации не только вещества, но также энергии и информации.

Выводы

1. Внесение в дерново-подзолистые почвы средних и высоких доз птичьего помета и удобрений на его основе существенно изменяет свойства почв и взаимосвязи между ними. В производственных условиях содержание подвижных форм фосфора достигает 1500 мг/кг, подвижных форм калия – 400 мг/кг, отмечается нейтрализация кислотности, повышение содержания гумуса до 2,5-5 %.

2. При внесении в дерново-подзолистые почвы высоких доз птичьего помета изменяются структурные взаимосвязи между свойствами почв. Уменьшается отношение обменных Ca : Mg; Ca : K. Изменяются взаимосвязи содержания подвижных форм фосфора, калия, тяжелых металлов от pH и степени гумусированности.

3. Структурные взаимосвязи между свойствами почв, оцениваемые по коэффициентам парной корреляции, множественной регрессии, по уравнениям регрессии, отличаются для почв разного гранулометрического состава и для почв с содержанием подвижных форм P₂O₅ более 500 мг/кг и менее 500 мг/кг. Более тесные взаимосвязи между агрохимическими и физико-химическими свойствами почв отмечаются для почв с содержанием P₂O₅ больше 500 мг/кг и для почв более легкого гранулометрического состава при таком же содержании фосфатов.

Список использованных источников

1. Белопухов С.Л., Савич В.И., Байбеков Р.Ф. Комплексообразование ионов металлов в почвенных растворах // Агрофизика. – 2020. – №1. – С. 1-8.
2. Гукалов В.В., Баршадская С.И., Сорокин А.Е., Савич В.И. Изменение эффективности применения минеральных удобрений на черноземах и дерново-подзолистых почвах при неоправданном увеличении их доз // Международный с/х ж-л. – 2020. – №1. – С. 83-86.
3. Духанин Ю.А., Савич В.И., Батанов Б.Н., Савич К.В. Информационная оценка плодородия почв. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 476 с.
4. Савич В.И., Белопухов С.Л., Седых В.А., Балабко П.Н., Гукалов В.В. Проблемы агроэкологической оценки плодородия почв [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/3/st_304.pdf.
5. Савич В.И., Торшин С.П., Сорокин А.Е., Гукалов В.В., Рашкович В.Н. Агроэкологическая оценка скорости физико-химических процессов, протекающих в почвах // Агрохимический вестник. – 2021. – №2. – С. 58-62.
6. Седых В.А., Кузелев М.М., Родионова Л.П. Изменение фосфатного состояния почв при применении высоких доз органических удобрений на основе птичьего помета: в сб. «Нетрадиционные источники и приемы организации питания растений». – Н.Новгород: ВВАГС, 2011. – С. 86-88.
7. Сычев В.Г., Мерзлая Г.Е., Петрова А.В., Филиппова А.В., Попов В.И., Мищенко В.Н. Эколого-агрохимические свойства и эффективность верми- и биокомпостов. – М.: ВНИИА, 2007. – 276 с.
8. Титова В.Н., Седов Л.К., Дабахова Е.В. Индустриальное птицеводство и экология: опыт сосуществования. – Н.Новгород: ВВАГС, 2004. – 249 с.

Цитирование:

Седых В.А., Савич В.И., Ефимов О.Е., Рашкович В.Н. Влияние органических удобрений на физико-химические и агрохимические свойства дерново-подзолистых почв [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №5. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/5/st_521.pdf.
DOI: <https://doi.org/10.51419/20215521>.