

серно-фосфорного удобрения в сельскохозяйственном производстве, способствующего повышению плодородия дерново-подзолистых почв. Внесение ФГ в дозах 0,5 - 3,0 т/га обеспечило получение продукции, отвечающей санитарно-гигиеническим нормам, сверхнормативного накопления тяжелых металлов, в том числе стронция, в зерне ячменя не выявлено.

Литература

1. Аристархов А. Н. Агрохимия серы / А.Н. Аристархов. – М.: ВНИИА, 2007. – 272 с. 2. Бамберг К.К. Содержание серы в растениях и значение её для удобрения сельскохозяйственных культур // Изв. АН Латв.ССР. -1973.- №7.- С. 3-11. 3. Беспалов А.Л. Сера в питании и продуктивности риса в условиях правобережья р. Кубани./ Автореф. дисс.канд.биол.наук. - Краснодар, 2004. -23 с. 4. Суковатов В.А. Длительность действия мелиорации солонцового комплекса каштановых почв./ Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. ДонГАУ, п. Персианов-

ский, 2009. - 24 с. 5. Аканова Н.И. Фосфогипс нейтрализованный – перспективное агрохимическое средство интенсификации земледелия//Плодородие. - 2013.- №1.- С. 2-7. 6. Коробанова Т.Н. Российский и зарубежный опыт утилизации фосфогипса // Наука вчера, сегодня, завтра: сб. ст. по матер. XI междунар. науч.-практ. конф. № 11(33). – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 63-71. 7. Пищенко К.А., Давыденкова О.Н., Седова В.И., Мальцев С.В. и др. Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению. – М.:ВНИИКС, 2008. – 39 с. 8. Магницкий К.П. Взаимосвязи в питании растений// Агрохимия. – 1967. - № 10. - С. 32-46. 9. Шильников И.А., Сычёв В.Г., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И. Потери питательных элементов растений. Монография. Изд-во: Lambert Academic Publishing, OmniScriptum GmbH & Co.KG, Deutschland - 502 с. 10. Ковальский В.В., Засорина Е.Ф. К биогеохимии стронция//Агрохимия. - 1965.- №4. - С.78-88. 11. Шильников И.А., Ермолаев С.А., Аканова Н.И. Баланс кальция и динамика кислотности пахотных почв в условиях известкования. - М.: Технология, 2006. - 158 с.

EFFICIENCY OF PHOSPHOGYPSUM APPLICATION IN FIELD CROP ROTATION WITH BARLEY

K.S. Kosodurov¹, L.S. Fedotova², N.I. Akanova³, E.V. Knyazeva², N.A. Timoshina²

¹ JSC "Apatite", Severnoye shos. 75, 162622 Cherepovec, Volgograd region, Russia,

² Lorch Potato Research Institute, Lorha ul. 23, 140051 Kraskovo, Luberetskiy district, Moscow region, Russia,

³ Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia,

E-mail: kosodurov@mail.ru, fedotova@vniikh.com, n_akanova@mail.ru, elenak-73@rambler.ru, timnatai@rambler.ru

In the article we are showing the results of field experiment with spring barley. Our goal was to investigate an agro-ecological efficiency of phosphogypsum application (phosphogypsum manufactured by JSC Apatite). We revealed a positive agronomic and environmentally sound effect of phosphogypsum application on physico-chemical properties of sod-loamy sand soil, on the crop producing and grain quality of spring barley.

Keywords: phosphogypsum, potatoes, tuber quality, heavy metals, strontium, calcium, sulfur, barley, grain quality, fertility

УДК 502.52(210):502.13

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В СЕВООБОРОТЕ С ЯЧМЕНЕМ

Ю.В. Жигарева, Тверская межобластная ветеринарная лаборатория,

Г.Е. Мерзлая, д.с.-х.н., ВНИИА,

г. Тверь, E-mail: julija700014@mail.ru, г. Москва, E-mail: lab.organic@mail.ru

Земледелие Тверской области испытывает постоянный дефицит органического вещества. В то же время происходит накопление многотоннажных органических отходов очистных сооружений в виде осадков сточных вод (ОСВ), которые можно использовать в качестве органических удобрений под различные сельскохозяйственные культуры. Использование ОСВ на удобрения позволит сохранить значительное количество минеральных удобрений, уменьшит дефицит гумуса в почве, существенно улучшит физико-химические свойства почв и повысит урожайность ярового ячменя в зависимости от дозы на 20-32%. Внесение ОСВ в дозах, не превышающих 60 т/га, не приводит к накоплению в почве тяжелых металлов выше нормативного содержания. Внесение осадков сточных вод в норме 20 т/га и в сочетании их с торфом и минеральными удобрениями повышает pH на 0,08-0,1 ед. и содержание ТМ в почве, но при этом их значения не превышают допустимых концентраций.

Ключевые слова: тяжелые металлы, осадки сточных вод, плодородие почв, картофель, качество клубней, почва, органические удобрения, компосты.

DOI: 10.25680/S19948603.2018.102.13

Среди основных экологических проблем важное место занимают отходы, которые в настоящее время образуются в огромных количествах, и при их нахождении в окружающей среде являются источником ее загрязнения, ухудшают санитарно-эпидемиологическое состояние окружающей среды и занимают большие площади плодородных земель. Однако, некоторые отходы, в том числе осадки сточных вод, могут успешно применяться в сельскохозяйственном производстве. Это имеет большое экологическое, экономическое и энергосберегающее значение [1, 2]. Сельскохозяйственное использование ОСВ или компостов на их основе, содержащих большое количество органического вещества, азота, зольных элементов, способно в значительной мере

обеспечить воспроизводство органического вещества почвы и в целом почвенного плодородия [3]. При этом необходимо учитывать, что применение отходов промышленности может сопровождаться негативными процессами, серьезно изменяя состояние всех компонентов агроэкосистемы – почвы, фитоценоза, атмосферы, грунтовых и поверхностных вод. Ненормированное применение ОСВ способно загрязнять почву и растительную продукцию тяжелыми металлами [4-7].

Методика. Общие отвалы ОСВ, накопившихся в г. Твери, составляют более 120 тыс. т. Поэтому актуальным направлением исследований является научное обоснование применения ОСВ в сельскохозяйственном производстве Тверской области в качестве органиче-

ского удобрения в дозах, позволяющих существенно улучшить физико-химические свойства дерново-подзолистых почв, повысить продуктивность сельскохозяйственных культур и получать продукцию, отвечающую санитарно-гигиеническим требованиям.

Исследования проводились в 2014-2017 г. в звене полевого севооборота: 1 - озимая пшеница; 2 - картофель; 3 - ячмень в опыте, заложенном на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы (0-20 см): содержание гумуса – 2,2%, подвижного фосфора (P_2O_5) по Кирсанову – 214 мг/кг, обменного калия (K_2O) – 128 мг/кг почвы, степень насыщенности основаниями – 72,7%, $pH_{\text{сол}}$ 5,4-5,6.

Схема опыта состояла из восьми вариантов: 1 - контроль (без удобрений), 2 – навоз, 20 т/га, 3 - $N_{60}P_{60}K_{60}$, 4 – ОСВ, 20 т/га, 5 – ОСВ, 40 т/га, 6 – ОСВ, 60 т/га, 7 – ОСВ, 10 т/га + торф, 10 т/га, 8 - ОСВ 10 т/га + $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Навоз и торф поступали из учхоза «Сахарово» Тверской ГСХА. В опыте использовали свежий ОСВ со станции очистки канализационных вод Большие Перемерки г. Твери. Повторность в опытах 4-кратная, размер опытной делянки 10 м², расположение рендомизированное. В качестве тестовой культуры 2017 г. использовали яровой ячмень сорта Владимир (элита). Сорт: разновидность putans, среднеспелый, характеризуется высокой адаптивностью к различным условиям возделывания, устойчив к засухе, кислотности почвы, к полеганию и ряду опасных болезней, имеет хорошие пивоваренные и фуражные качества зерна. Потенциальная продуктивность сорта - 8-9 т/га зерна. Агротехника культуры общепринятая для региона, норма высева 2,5 млн зерен на 1 га. По метеорологическим условиям вегетационный период, в который проводили исследования, был типичным для Тверской области.

Полученные результаты исследований подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1985). Статистическую обработку результатов полевых опытов проводили на персональном компьютере с использованием Excel.

В полевом опыте исследовали осадок сточных вод Тверских очистных сооружений, характеризующийся слабнокислой реакцией, содержанием органического вещества 67,2%, азота 3,43, калия 0,3%. Содержание ТМ в ОСВ составляло (мг/кг): Pb - 12,99, Cd - 0,39, Zn - 78,4, Cu - 40,3, Ni - 5,5, Cr - 4,7, Mn - 240,9, As - 0,6, Hg - 0,14.

Результаты и их обсуждение. Как показали ранее проведенные исследования, ОСВ как при раздельном применении, так и в сочетании с навозом, торфом и минеральными удобрениями являются не только источником органического вещества и биогенных элементов питания, но и мелиорантом, поскольку содержат значительное количество кальция и магния. Поэтому, используемые в опыте органоминеральные смеси обогащали почву кальцием и магнием, что приводило к снижению концентрации ионов водорода. В опыте на четвертый год исследований в варианте без внесения ОСВ и удобрений произошло снижение $pH_{\text{сол}}$ на 0,04 ед. за счет повышения концентрации ионов водорода в пахотном слое на 0,12 мг-экв/100 г (табл. 1, 2).

Варианты внесения ОСВ в дозе 20 т/га, ОСВ, 10 т/га + торф, 10 т/га, ОСВ, 10 т/га + $N_{60}P_{60}K_{60}$ обеспечивали достоверное повышение pH на 0,08-0,1 ед. Увеличение дозы ОСВ до 40 и 60 т/га обусловило улучшение кис-

лотно-основных свойств почвы, обеспечив перевод почвы из класса со слабнокислой реакцией среды в класс с реакцией среды, близкой к нейтральной.

1. Влияние ОСВ на кислотно-основные свойства дерново-подзолистой почвы

Вариант опыта	Исходный $pH_{\text{сол}}$	2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.	
		pH сол.	± от исх.	pH сол.	± от исх.	pH сол.	± от исх.	pH сол.	± от исх.
1. Контроль	5,45	5,44	-0,01	5,42	-0,03	5,40	-0,05	5,41	-0,04
2. Навоз, 20 т/га	5,52	5,65	0,13	5,67	0,15	5,69	0,17	5,68	0,16
3. $N_{60}P_{60}K_{60}$	5,55	5,56	0,01	5,58	0,03	5,59	0,04	5,59	0,04
4. ОСВ, 20 т/га	5,50	5,52	0,02	5,57	0,07	5,59	0,09	5,60	0,10
5. ОСВ, 40 т/га	5,52	5,57	0,05	5,60	0,08	5,66	0,14	5,66	0,15
6. ОСВ, 60 т/га	5,48	5,64	0,16	5,71	0,23	5,73	0,25	5,79	0,31
7. ОСВ, 10 т/га + торф, 10 т/га	5,58	5,61	0,03	5,65	0,07	5,64	0,08	5,67	0,09
8. ОСВ, 10 т/га + $N_{60}P_{60}K_{60}$	5,50	5,52	0,03	5,58	0,08	5,58	0,08	5,58	0,08

2. Влияние ОСВ на величину гидролитической кислотности в дерново-подзолистой почве

№ варианта	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
	изменение Нг ± от исходного уровня, мг-экв/100 г почвы			
1	0,10	0,11	0,14	0,12
2	-0,53	-0,60	-0,58	-0,57
3	-0,11	-0,10	-0,12	-0,10
4	-0,23	-0,30	-0,32	-0,31
5	-0,41	-0,46	-0,51	-0,50
6	-0,54	-0,58	-0,61	-0,62
7	-0,17	-0,21	-0,20	-0,20
8	-0,18	-0,22	-0,21	-0,22
НСР ₀₅	0,02	0,03	0,02	0,04

Концентрация ионов водорода в почвенном поглощающем комплексе в этих вариантах уменьшилась на 0,50 (ОСВ, 40 т/га) – 0,62 мг-экв/100 г почвы (ОСВ, 60 т/га). При дозе навоза 20 т/га сдвиг реакции среды в пахотном слое был сопоставим с 40 т/га ОСВ и составил $\Delta pH=0,15-0,17$. Величина гидролитической кислотности за этот период снизилась с 2,5 до 1,9 мг-экв/100 г почвы, ΔHg составил 0,60 мг-экв/100 г почвы. Использование ОСВ в смеси с торфом в весовых частях 1:1 привело к снижению зольности получаемого компоста и ухудшило соотношение между основными элементами питания. В компосте отмечалось некоторое снижение содержания общего азота (до 0,86%), калия (до 0,45) и фосфора (до 1,51%).

Внесение ОСВ не привело к избыточному накоплению тяжелых металлов в почве. Минимальное их содержание было на контроле. В вариантах ОСВ + торф, ОСВ в дозах 40 и 60 т/га в почве увеличивалось содержание свинца в сравнении с контролем на 1,09, 2,46 и 4,07 мг/кг соответственно, однако во всех случаях содержание ТМ не превышало ОДК (табл. 3).

Содержание подвижных форм ТМ в почве было также значительно ниже ОДК (ГН 2.1.7.2511-09). При определении после уборки ячменя содержание подвижных форм меди снизилось в 1,4 раза, свинца и цинка – в 1,3, кадмия – в 1,5, хрома – в 1,6 раза.

Результаты исследований урожайности ячменя также свидетельствуют о положительном действии ОСВ, применяемом в качестве удобрения. Наибольшая урожайность (25,6-26,1 ц/га) получена в варианте внесения

60 т/га ОСВ и при совместном применении ОСВ и минеральных удобрений (табл. 4).

3. Влияние ОСВ на валовое содержание ТМ в почве

№ варианта	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr	As
1	4,12	0,14	5,86	30,60	4,41	0,9
2	4,66	0,22	6,82	37,16	5,03	1,2
3	4,52	0,20	6,68	35,19	4,82	1,2
4	5,14	0,35	12,58	38,74	5,22	1,4
5	6,58	0,47	18,62	49,21	5,98	1,6
6	8,19	0,52	25,23	62,15	6,89	1,8
7	5,21	0,37	14,18	40,23	5,34	1,5
8	5,32	0,40	15,02	41,14	5,62	1,5
НСР ₀₅	0,32	0,09	0,33	2,04	0,25	0,12

4. Влияние ОСВ на урожайность ячменя

Вариант опыта	Урожай зерна ячменя, ц/га	Прибавка к контролю	
		ц/га	%
1	19,8	-	-
2	21,9	2,1	10,6
3	25,3	5,5	27,8
4	22,0	2,2	11,1
5	23,9	4,1	20,7
6	25,6	5,8	29,3
7	21,7	1,9	9,6
8	26,1	6,3	31,8
НСР ₀₅	1,8		

Содержание тяжелых металлов в урожае зерна ячменя - важный показатель биологического и санитарного качества получаемой продукции. Анализ зерна на содержание ТМ не выявил ни по одному из исследованных поллютантов, согласно требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01, превышения гигиенических норм (табл. 5)

5. Влияние смесей на основе ОСВ на содержание ТМ в зерне

№ варианта	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr	As
1	0,52	0,044	2,86	23,60	0,41	0,4
2	0,66	0,052	3,82	30,16	1,03	0,7
3	0,62	0,046	3,68	28,19	0,82	0,7
4	1,14	0,063	8,58	31,74	1,22	0,8
5	1,58	0,086	12,62	40,21	1,98	1,1
6	2,19	0,095	15,23	52,15	2,89	1,2
7	1,21	0,053	10,18	33,23	1,34	1,0
8	2,32	0,069	11,02	34,14	1,62	1,0
НСР ₀₅	0,32	0,007	0,53	2,04	0,25	0,15

С возрастанием дозы ОСВ достоверного накопления кадмия в зерне не отмечено. Содержание цинка в зерне в вариантах с ОСВ возрастало по сравнению с контролем практически в 1,7-2,0 раза, меди – в 4,4-5,3, свинца – в 2,1–3,7, кадмия – в 2,3 раза. Однако во всех случаях, количество тяжелых металлов в зерне было ниже нормативного.

Отмечено улучшение качества зерна: на фоне внесения ОСВ с повышением дозы увеличилась масса 1000

зерен и повысилось содержание белка. Использование в системе удобрения ОСВ в сочетании с минеральными удобрениями позволило увеличить соответствующие показатели (табл.6).

6. Оценка качества зерна ячменя

Вариант опыта	Масса 1000 зерен, г	± к контролю	Содержание белка, %	± к контролю	Зерно : солома
1	42,8	-	13,8	-	1:2,05
2	43,8	1,0	14,1	0,3	1:2,11
3	44,2	1,4	14,4	0,6	1:2,19
4	43,7	0,9	14,3	0,5	1:2,20
5	44,4	1,6	14,6	0,8	1:2,22
6	45,1	2,3	14,9	1,1	1:2,23
7	43,6	0,8	14,0	0,2	1,07
8	45,6	2,8	15,1	1,3	1:2,22
НСР ₀₅	0,9		0,5		

Вывод. Таким образом, внесение ОСВ на дерново-подзолистой супесчаной почве приводит к улучшению её кислотно-основных свойств и способствует повышению плодородия почв. Включение в систему удобрения ОСВ, его смеси с торфом или минеральными удобрениями не вызывает загрязнения почвы тяжелыми металлами. Максимальную урожайность ячменя на уровне 26 ц/га, что на 30 % выше контроля, обеспечивают доза ОСВ 60 т/га и сочетание ОСВ с минеральными удобрениями. При этом в зерне ячменя не отмечено избыточное накопление тяжелых металлов.

Литература

- Бадмаев, А.Б., Дорошкевич С.Г. Влияние осадков городских сточных вод на биологическую активность аллювиальной дерновой почвы //Агрохимия. - 2006. - № 1. – С. 62-66.
- Благовещенская, З.К., Грачева Н.К., Могиндов Л.С. и др. Утилизация осадка городских сточных вод //Химизация сельского хозяйства. - 1989. - № 10. – С. 73-76.
- Винокурова, Т.Е. Мировая проблема переработки, утилизации и уничтожения осадков муниципальных сточных вод //Гидротехническое строительство, водное хозяйство и мелиорация земель на современном этапе. – Новосибирск. - С.15-16.
- Алексеева, А.С. Влияние применения нетрадиционных органических удобрений на накопление тяжелых металлов и биологическую активность дерново-подзолистых супесчаных почв: Автореферат канд. биол. наук - М., 2002. –145 с.
- Мерзлая, Г.Е., Налиухин А.Н., Власова О.А., Ханова Н.А. Влияние органических удобрений на урожайность льна и многолетних трав//Доклады ТСХА. Вып. 284. - М.: Изд-во РГАУ – МСХА, 2012.- С. 41 – 43.
- Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. [Электронный ресурс] 1987. М. 123-4/281-8. - Режим доступа: <http://www.ecolan.com.ru/catalog/275/13673/>.
- ГН 2.1.7.2042-06 «Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве», утвержденные Гл. гос. санитарным врачом РФ 19.01.2006 года. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.docload.ru/tehnpadoc/>

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF SEWAGE SLUDGE EFFECTIVENESS IN CROP ROTATION WITH BARLEY

Yu.V. Zhigareva¹, G.E. Merzlaya²

¹ Shishkova ul. 100, 170007 Tver, Russia

² Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia, E-mail: julija700014@mail.ru

Agriculture in Tver region is experiencing constant lack of organic matter. At the same time, the accumulation of large-tonnage organic waste treatment facilities in the form of sewage sludge that can be used as organic fertilizer for crops. The use of sewage sludge as fertilizer will save a considerable amount of mineral fertilizers. It would also reduce the deficit of humus in the soil, significantly improve the physical and chemical properties of soil and increase yields of spring barley in a dose-dependent manner at 20-32%. Application of sewage sludge in doses not exceeding 60 t/ha, does not lead to accumulation of heavy metals (HM) above maximum permissible level

(MPL) in the soil. Application of sewage sludge in dose 20 t/ha and sewage sludge combined with peat and mineral fertilizers increases the pH 0.08 -0.1 and content of HM in soil, but their values do not exceed the permissible concentrations.

Key words: heavy metals, sewage sludge, soil fertility, tuber quality, potato, soil, organic fertilizers, composts.