

УДК 631.95:628.381.1

ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ ДОЗ ОСАДКА ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД В СОЧЕТАНИИ С ИЗВЕСТКОВАНИЕМ НА АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

В. А. Касатиков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. П. Шабардина, старший научный сотрудник

*ВНИИОУ – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»,
г. Владимир, Россия*

Аннотация

В статье представлены результаты исследований, полученные в длительном опыте Географической сети опытов с удобрениями по изучению агробиологических изменений, протекающих в дерново-подзолистой супесчаной почве под влиянием осадков городских сточных вод и доломитовой муки. Делается вывод, что мелиоративные дозы осадка сточных вод оказывают заметное влияние на агробиологические параметры почвы и урожайность зерновой культуры.

Ключевые слова: *агробиология, мелиорация, осадок сточных вод, известкование, почва.*

Abstract

V. A. Kasatikov, N. P. Shabardina
**THE AFTEREFFECT OF RECLAMATION
DOSES OF SLUDGE OF MUNICIPAL
WASTEWATER IN COMBINATION WITH LIMING
ON THE AGROBIOLOGICAL PROPERTIES OF
SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL**

The article presents the research results obtained in long-term experience in Geographical network experiments with fertilizers for the study of agrobiological changes in sod-podzolic sandy loam soil under the influence of precipitation of urban wastewater and dolomite. It is concluded that reclamation of the doses of salt have a noticeable effect on agro-biological parameters of the soil and the yield of a crop.

Keywords: *agrobiology, reclamation, sewage sludge, liming, soil.*

Введение

Известно, что при очистке сточных вод неизбежно возникает проблема утилизации образующихся осадков. Осадки городских сточных вод (ОСВ) содержат значительное количество органического вещества, азота и зольных элементов, в первую очередь фосфора. Это определяет целесообразность их широкого использования в качестве нетрадиционных органических удобрений в сельском хозяйстве, а также при городском озеленении [1]. Данный подход обоснован также тем, что одним из основных условий сохранения экосистем в устойчивом состоянии является использование отходов как сырьевого ресурса с целью уменьшения негативного

воздействия на окружающую среду [2]. Использование ОСВ на удобрение в исходном состоянии или же в составе компоста с органическими наполнителями – один из приемов утилизации ОСВ [3]. При этом по эффективности ОСВ не уступают традиционным органическим и минеральным удобрениям [4].

В частности, ОСВ и удобрения на их основе благодаря высокому содержанию органического вещества улучшают плодородие почвы и его агрофизические свойства и повышают урожай сельскохозяйственных культур. Внесение компостов в почву проявляется во влиянии на агрохимические свойства почв, увеличении запасов органического

вещества, усилении нитрификации в пахотном слое, возрастании биологической активности почвы, увеличении количества целлюлозоразлагающих бактерий и уменьшении доли плесневых грибов. Особенно отчетливо почвоулучшающие свойства компостов проявляются на песчаных, супесчаных и малоплодородных деградированных почвах [5].

Одним из наиболее важных вопросов в исследованиях с органическими удобрениями является изучение трансформации азота в почве и его потерь. В то же время при использовании в качестве удобрений ОСВ со слабощелочной или нейтральной реакцией среды целесообразно

Методика исследований

Исследования проводились в длительном опыте (заложен в 1984 г.) по изучению влияния систематического применения осадка городских сточных вод (ОСВ) и доломитовой муки на агроэкологические свойства почвы и урожайность культур, входящим в Географическую сеть длительных опытов с удобрениями. За весь период исследований суммарные дозы ОСВ составили 180–1440 т/га (50 % влажности). Известкование проводили в дозах 3, 6,

Результаты и их обсуждение

В течение вегетационного периода ярового тритикале содержание минеральных форм азота в пахотном слое почвы (0–20 см) достигало наибольших величин в начальный период вегетации с максимальными значениями в условиях применения предельных для данных исследований доз ОСВ (табл. 1). В фазы кущения и колошения содержание минеральных форм снизилось за счет потребления растениями в условиях избыточного почвенного увлажнения. Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см достигали 42,5–51,3 мм. Наибольший их уровень был в вариантах 5, 9, 13 с максимальными дозами ОСВ. Снижение влажности почвы в конце вегетации ярового тритикале способствовало повышению уровня $N-NO_3$ в почве с минимального содержания в фазу колошения до 1,48–2,79 мг/кг почвы в фазу полной спелости и было пропорционально дозам ОСВ.

Рассматривая суммарное накопление минерального азота в почве, следует отметить его пропорциональную зависимость от доз ОСВ с превышением относительно контроля на 9–62 %. Увеличение в почве доступных форм азота положительно повлияло на ее биологическую активность. Аналогичная зависимость была выявлена при исследовании влияния ОСВ на биологические показатели почвы, такие как: содержание углерода микробиомассы, целлюлозолитическая, дыхательная и нитрификационная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы (табл. 2). По по-

рассматривать их влияние на кислотно-основные свойства почвы. С их помощью можно улучшать деградированные песчаные почвы. Исследования по биологической активности почвы выявили, что применение ОСВ и удобрения на его основе увеличивает общую численность микроорганизмов, повышает ее каталазную активность и создает благоприятные условия для развития основных физиологических групп микроорганизмов [6].

Целью настоящего исследования являлось изучение последствий мелиоративных доз ОСВ на агробиологические процессы, протекающие в дерново-подзолистой супесчаной почве.

9 т/га доломитовой муки. В 2017 г. изучали последствия ОСВ и доломитовой муки на агробиологические свойства и гумусовое состояние дерново-подзолистой супесчаной почвы. Содержание гумуса определялось по И. В. Тюрину, микробной биомассы ($C_{мб.}$) – по С. А. Благодатской, целлюлозолитическая активность – по Звягинцеву Д. А., продуцирование CO_2 – по И. Н. Шаркову [7–9].

следствию возрастающих доз ОСВ содержание $C_{мб.}$ превышало контроль на 9–15 % (при дозе ОСВ 180 т/га) и на 54–59 % (при дозе ОСВ 1440 т/га).

Целлюлозолитическая активность почвы служит косвенным показателем развития биологических свойств почвы. Как известно, целлюлозоразрушающая микрофлора находится в корреляционной связи с содержанием минерального азота. В соответствии с данными, приведенными в табл. 2, интенсивность разложения хлопчатобумажной ткани в сравнении с контролем возрастала пропорционально дозам ОСВ 180 и 1440 т/га на 1–7 и 25–36 % соответственно. Аналогичная зависимость выявлена по дыхательной и нитрификационной способности почвы, которые отличаются значительно большей активностью. И действительно, величина дыхательной активности почвы на вариантах с ОСВ возрастает пропорционально дозам ОСВ 180 и 1440 т/га на 65–95 и 110 % соответственно. При этом следует отметить отсутствие существенной разницы в действии доз ОСВ и уровня известкования на данный биологический показатель почвы. Нитрификационная активность почвы, характеризующая деятельность нитрификаторов, зависит как от уровня известкования, так и от доз ОСВ. Так, при дозе ОСВ 180 т/га нитрификационная активность почвы возрастает на 15–42 %, а при дозе 1440 т/га – на 81–115 %.

Таблица 1 – Влияние последствий различных доз осадка сточных вод и уровней известкования почвы на динамику содержания подвижных форм азота в почве (слой 0–20 см)

Вариант	Содержание, мг/кг. а.с. в-ва							В ср.: N-NH ₄ + N-NO ₃ , мг/кг	В % к кон- тролю
	N-NO ₃				N-NH ₄				
	Фаза всходов	Фаза ку-щения	Фаза коло-шения	Фаза полной спелости	Фаза всходов	Фаза куще-ния	Фаза полной спелости		
Контроль без удобрений	1,19	0,80	0,86	0,82	4,01	0,70	1,08	2,35	100
ОСВ 180 т/га + дол. м. 3 т/га	1,32	0,84	0,97	1,00	4,02	1,24	1,50	2,55	109
ОСВ 1440 т/га + дол. м. 3 т/га	1,69	0,84	1,64	1,02	5,63	1,79	2,58	3,80	161
ОСВ 180 т/га + дол. м. 6 т/га	1,15	1,12	1,63	1,38	3,61	1,07	1,66	2,90	123
ОСВ 1440 т/га + дол. м. 6 т/га	1,23	1,04	0,97	1,40	5,25	1,35	2,79	3,50	149
ОСВ 180 т/га + дол. м. 9 т/га	1,20	1,29	0,99	1,32	4,53	0,83	1,48	3,48	152
ОСВ 1440 т/га + дол. м. 9 т/га	1,62	1,58	1,47	1,53	5,26	1,45	2,30	3,80	162

Таблица 2 – Показатели биологического состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы в слое 0–20 см по последствию различных доз осадка сточных вод и уровней известкования

Вариант	Содержание С _{мб.}		Целлюлозолитическая активность		Дыхательная активность		Нитрификационная активность	
	мг/кг	%	Сепень раз-ложения, %	% к кон-тролю	С-CO ₂ кг/га	%	N-NO ₃	% к кон-тролю
Контроль без удобрений	445	–	30	100	1,20	100	12,2	100
ОСВ 180 т/га + дол. м. 3 т/га	484	109	32	107	2,34	195	14,0	115
ОСВ 1440 т/га + дол. м. 3 т/га	708	159	41	136	2,52	210	22,1	181
ОСВ 180 т/га + дол. м. 6 т/га	512	115	31	102	1,98	165	15,9	130
ОСВ 1440 т/га + дол. м. 6 т/га	794	178	38	125	2,52	210	24,2	198
ОСВ 180 т/га + дол. м. 9 т/га	503	113	33	101	2,34	195	17,4	142
ОСВ 1440 т/га + дол. м. 9 т/га	684	154	39	130	2,52	210	26,2	215

Как известно, по содержанию фосфора ОСВ существенно превосходят традиционные виды органических удобрений. По этой причине в условиях интенсивного применения ОСВ происходят изменения фосфатного режима почвы.

По последствию ОСВ с высоким содержанием P₂O₅_{общ.} (5,22 %) сохранялось их положительное влияние на кислотно-основные свойства почвы и содержание P₂O₅_{подв.} в слое 0–20 см, пропорциональное дозам ОСВ. Содержание P₂O₅_{подв.} на вариантах с внесением ОСВ превышало контроль в 1,2–3,3, 1,3–3,2 и 1,5–3,4 раза согласно уровням известкования (табл. 3). В отличии от действия ОСВ, по последствию снизилось содержание P₂O₅_{подв.} за счет выноса культурами звена севооборота (озимая рожь, яровое тритикале).

По сравнению с подвижным фосфором, содержание K₂O_{обм.} в почве изменялось менее интенсивно из-за более низкой концентрации элемента в ОСВ (0,72 %) и колебалось в пределах 33–38 мг/кг. При этом, как и по фосфору, проявилась тенденция к снижению его уровня в отчетном году за счет выноса культурами звена севооборота.

Внесение в почву стабилизированного органического вещества в составе ОСВ способствовало сохранению высокого уровня гумусированности почвы. Данная зависимость не связана с уровнем известкования почвы. Согласно данным, приведенным в табл. 3, содержание гумуса в слое почвы 0–20 см находилось в прямой зависимости от величины суммарной дозы ОСВ, возрастая с 1,50 в контроле до 1,63–2,58 % (дол. м. 3 т/га), 1,67–2,65 (дол. м. 6 т/га и 1,72–2,73 (дол. м. 9 т/га). Более

Таблица 3 – Влияние длительного применения различных доз ОСВ в сочетании с известкованием на агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы, слой 0–20 см

Вариант	pH _{KCL}	Н _r	S (Ca+Mg)	ЕКО	P ₂ O ₅ подв.	K ₂ O обм.	Гумус, %
Контроль, без удобрений	6,25	0,81	6,96	7,77	619	32	1,50
ОСВ 180т/га + дол. м. 3 т/га	6,42	0,75	7,84	8,59	716	33	1,63
ОСВ 360 т/га + дол. м. 3 т/га	6,45	0,72	7,89	8,61	809	35	1,78
ОСВ 720 т/га + дол. м. 3 т/га	6,50	0,70	7,92	8,62	1080	36	2,22
ОСВ 1440 т/га + дол. м. 3 т/га	6,56	0,66	8,25	8,91	2049	38	2,58
ОСВ 180 т/га + дол. м. 6 т/га	6,45	0,69	8,06	8,75	811	33	1,67
ОСВ 360 т/га + дол. м. 6 т/га	6,50	0,67	8,16	8,83	987	34	1,81
ОСВ 720 т/га + дол. м. 6 т/га	6,52	0,65	8,32	8,97	1223	36	2,22
ОСВ1440 т/га + дол. м. 6 т/га	6,54	0,63	8,39	9,02	1997	39	2,65
ОСВ 180 т/га + дол. м. 9 т/га	6,50	0,62	8,15	8,77	930	33	1,72
ОСВ 360 т/га + дол. м. 9 т/га	6,53	0,57	8,47	9,04	1065	34	1,84
ОСВ 720 т/га + дол. м. 9 т/га	6,57	0,55	8,68	9,23	1412	35	2,15
ОСВ 1440 т/га + дол. м. 9 т/га	6,60	0,53	8,87	9,40	2110	38	2,73

высокое содержание гумуса в вариантах с уровнями известкования 6 и 9 т/га обусловлено пониженной миграционной активностью органического вещества из-за образования гуматов кальция.

Согласно полученным данным, тип гумусообразования зависит от дозы известкования, и с повышением его уровня до 6 т/га возрастает содержание гуминовых кислот, а тип гумусообразования приближается к гуматному. При этом $C_{гк}:C_{фк}$ составляет 1,21–1,26, в отличие от $C_{гк}:C_{фк}$ равном 0,43–0,59 при уровне известкования 3 т/га. Проведенные исследования показали также, что по последствию ОСВ содержание лабильного гумуса в слое почвы 0–20 см в сравнении с контролем возрастает на 11 и 76 %, соответственно дозам 165 и 1320 т/га. При этом доля лабильного гумуса в общем его содержании изменяется незначительно и имеет тенденцию к снижению. Данная зависимость обусловлена, очевидно, возрастанием в составе органического веще-

ства почвы негидролизующего остатка, представленного органолигнинными соединениями, которые входят в состав органического вещества осадка сточных вод.

Таким образом, использование нетрадиционных источников питания растений в виде осадка сточных вод оказывает заметное положительное влияние на показатели плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы. Выявлено положительное последствие повышенных доз ОСВ и различных уровней известкования на основные агробиологические свойства почвы, в т. ч. уровень подвижных форм азота, биологическую активность почвы, в частности содержание микробной биомассы, целлюлозолитическую, дыхательную и микробиологическую активность почвы, а также кислотно-основные свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы и содержание в ней Сорг., P₂O₅ подв. и K₂O обм.

Библиографический список

1. Агроэкологические и технологические аспекты использования осадков городских сточных вод в качестве удобрения / В. А. Касатиков [и др.] // Экологические и технологические вопросы производства и использования органических и органоминеральных удобрений на основе осадков городских сточных вод и твердых бытовых отходов: материалы междунар. симпозиума. – Владимир, 2004. – С. 29-39.

2. Касатиков, В. А. Влияние микробиологических деструкторов лигнинсодержащих отходов на агроэкологические свойства компоста на основе осадка сточных вод и опилок / В. А. Касатиков, В. А. Раскатов, Н. П. Шабардина // Доклады МСХА. – 2010. – Вып. 283. – С. 806-811.

3. Ресурсы органических удобрений в сельском хозяйстве России: информационно-аналитический справочник / А. И. Еськов [и др.]; ред. А. И. Еськов // Российская академия сельскохозяйственных наук, Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский, конструкторский и проектно-технологический институт органических удобрений и торфа» Российской академии сельскохозяйственных наук. – Владимир : [б. и.], 2006. – 200 с. : табл. – Библиогр.: с. 199-200.

4. Пахненко, Е. П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения / Е. П. Пахненко. – М., 2010. – 311 с.

5. Анализ опыта почвенного пути утилизации осадков сточных вод / Н. К. Сюняев [и др.]. – М.: ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2008. – 108 с.

6. Чжоу, Д. Агроэкологическая оптимизация применения органо-растительных компостов на основе ОСВ на дерново-подзолистой супесчаной почве: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Д. Чжоу. – М.: МСХА, 2005. – 22 с.

7. Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве / С. А. Благодатский [и др.]. // Почвоведение. – 1987. – № 4. – С. 71-81.

8. Звягинцев, Д. Г. Биология почв: учеб. пос. / Д. Г. Звягинцев. – М.: изд. МГУ, 2005. – 445 с.

9. Шарков, И. Н. Абсорбционный метод определения эмиссии CO₂ из почв / И. Н. Шарков // Методы исследования органического вещества почв. – Владимир, 2005. – С. 401.

Поступила 23.05.2019