

ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИКАТОВ НА ОСНОВЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА, ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА АЗОТНЫЙ РЕЖИМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ, ПРОДУКТИВНОСТЬ И МАКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

© 2025 г. В. А. Касатиков^{1,*}, Н. П. Шабардина¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений – филиал Верхневолжского федерального аграрного научного центра
601390 Владимирская обл., Судогодский р-н, д. Вяткино, ул. Прянишникова, 2, Россия
*E-mail: kasv47@yandex.ru

Изучили действие и последствие агрохимикатов, полученных методом мезофильно-термофильного компостирования органогенных побочных продуктов (подстилочного навоза крупного рогатого скота (КРС), подстилочного птичьего помета и смеси осадка городских сточных вод (ОСВ) с опилками) на азотный режим дерново-подзолистой супесчаной почвы, продуктивность зерновых культур в звене севооборота, их макроэлементный состав. Сделаны выводы, что данные агрохимикаты на основе побочных продуктов животноводства и ОСВ существенно влияли на азотный режим почвы, продуктивность зернового звена севооборота и макроэлементный состав культур.

Ключевые слова: агрохимикаты, навоз КРС, осадки сточных вод, азотный режим почвы, зерновые культуры, продуктивность, макроэлементы.

DOI: 10.31857/S0002188125010038, **EDN:** VCPPEI

ВВЕДЕНИЕ

Отходы животноводства и осадки городских сточных вод являются одними из основных побочных продуктов производственной и антропогенной деятельности человека. Их использование в качестве основных компонентов агрохимикатов – один из главных приемов утилизации данных продуктов [1–5].

Разработка научно обоснованных экологически безопасных приемов использования подстилочного навоза КРС, подстилочного птичьего помета и смеси осадка сточных вод (ОСВ) с опилками при производстве агрохимикатов, внедрение и совершенствование технологии их получения способствуют сокращению объемов накопленных и вновь образованных отходов в агропромышленном комплексе и в городском хозяйстве. Следует отметить, что в настоящее время утилизируется не более 10% ОСВ в качестве компонента удобрений [4], что связано с недостаточным внедрением современных технологий производства агрохимикатов на их основе, что не соответствует современным стандартам их использования [5].

Применение агрохимикатов на основе побочных продуктов животноводства и ОСВ проявляется

в положительном их влиянии на агробиологические свойства почв, увеличении запасов органического вещества. Особенно отчетливо почвоулучшающие свойства данных агрохимикатов проявляются на песчаных, супесчаных и малоплодородных деградированных почвах [6, 7].

Цель работы – изучение действия и последствие агрохимикатов на основе подстилочного навоза КРС, подстилочного птичьего помета и осадка городских сточных вод на азотный режим дерново-подзолистой почвы, продуктивность зерновых культур в звене севооборота и их макроэлементный состав.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в мелкоделяночном полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве в 2022–2023 гг. в зерновом звене севооборота яровая пшеница – яровое тритикале в опыте в пятикратной повторности.

Для проведения исследования была выбрана дерново-подзолистая почва, сформировавшаяся на двучленных ледниковых отложениях. Горизонты Апх и В1 представлены супесчаными отложениями,

перекрывающими тяжелосуглинистые моренные образования.

Агрохимикаты на основе отходов животноводства получены путем мезофильно-термофильного компостирования подстилочного навоза КРС, подстилочного птичьего помета. Внесение полученных продуктов проводили весной 2022 г. под основную обработку почвы. Содержание макроэлементов в составе агрохимиката на основе подстилочного навоза КРС на сухое вещество: $N_{\text{общ}} - 0.76$, $P_2O_{5\text{общ}} - 0.55$, $K_2O_{\text{общ}} - 0.84\%$ при $pH_{\text{KCl}} 7.7$ ед., в составе агрохимиката на основе подстилочного птичьего помета на сухое вещество: $N_{\text{общ}} - 2.68$, $P_2O_{5\text{общ}} - 1.63$, $K_2O_{\text{общ}} - 1.93\%$ при $pH_{\text{KCl}} 7.8$ ед.

Агрохимикат на основе *ОСВ* получен путем компостирования субстрата из компостной смеси механически обезвоженного *ОСВ* и опилок. Данный агрохимикат представляет собой структурированную массу темно-серого цвета с землистым запахом. Содержание азота в составе данного агрохимиката составляло на сухое вещество 0.7 , $P_2O_{5\text{общ}} - 1.50$, $K_2O_{\text{общ}} - 0.36\%$ при $pH_{\text{KCl}} 7.5$ ед.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В период вегетации зерновых культур в звене севооборота содержание минерального азота в пахотном слое почвы (0–20 см) характеризовалось наличием обеих форм минерального азота, находившихся

в пропорциональной зависимости от доз агрохимикатов (табл. 1).

При применении агрохимикатов в климатических условиях вегетационного периода 2022 г. отмечена отрицательная динамика содержания $N-NH_4$ в фазах вегетации яровой пшеницы с максимумом в фазе всходов. В вариантах с внесением агрохимикатов в фазе всходов содержание $N-NH_4$ достигало $4.93-50.2$ мг/кг с максимумом в варианте с дозой агрохимиката на основе подстилочного птичьего помета 15 т/га, что было обусловлено более высоким исходным содержанием в нем $N_{\text{общ}}$. В фазах кушения и колошения данная зависимость сохранялась. При этом содержание $N-NH_4$ в вариантах с агрохимикатами уменьшалось в фазе кушения до $4.56-19.4$ мг/кг почвы, в фазе колошения — до $3.05-5.05$ мг/кг почвы за счет разложения органического удобрения и обменных процессов в системе удобрение–почва в условиях низкой влажности и повышенной температуры, способствующих ускорению нитрификационных почвенных процессов. Для динамики содержания $N-NO_3$ в слое 0–20 см почвы в ходе вегетации выявлена аналогичная зависимость за счет прохождения нитрификационных процессов. При этом степень влияния агрохимикатов на содержание аммиачной и нитратной формы азота почвы зависела от их вида и была пропорциональна дозам удобрений.

В отличие от действия при последствии агрохимикатов наблюдали положительную динамику содержания $N-NH_4$ в фазах вегетации ярового тритикале

Таблица 1. Влияние агрохимикатов на динамику содержания форм подвижного азота в дерново-подзолистой супесчаной почве, мг/кг абсолютно сухого вещества (слой 0–20 см)

Вариант	Среднее содержание за вегетацию, мг/кг а.с.в.				Суммарное содержание N-NH ₄ + N-NO ₃ , мг/кг а.с.в.	
	N-NH ₄		N-NO ₃			
	1	2	1	2	1	2
Контроль без удобрений	3.05	1.56	0.92	1.80	3.97	3.36
Агрохимикат на основе навоза КРС 7.5 т/га	4.18	1.82	1.34	2.14	5.52	3.96
Агрохимикат на основе навоза КРС 15 т/га	5.82	2.15	2.91	2.42	8.73	4.57
Агрохимикат на основе птичьего помета 7.5 т/га	15.5	2.27	11.7	2.05	27.2	4.32
Агрохимикат на основе птичьего помета 15 т/га	25.5	2.67	15.5	2.36	41.1	5.03
Агрохимикат на основе осадка сточных вод 15 т/га	8.85	1.94	0.98	2.08	9.83	4.02

Примечания. 1. а.с.в. — абсолютно сухое вещество. То же в табл. 3. 2. Дозы удобрения даны на сухое вещество. То же в табл. 2, 3. 3. В графе 1 — действие, 2 — последствие агрохимикатов.

при снижении его количества в фазе всходов по сравнению с действием агрохимикатов в зависимости от вида агрохимиката. В фазах кушения и колошения данная зависимость сохранялась. При этом содержание $N-NH_4$ в вариантах с агрохимикатами, в отличие от их действия, в 2022 г. достигало в фазе кушения 1.78–2.45 мг/кг почвы, в фазе колошения – 2.23–3.81 мг/кг. Выявленная зависимость определялась процессом биологической почвенной деструкции органической части агрохимикатов и интенсификацией обменных процессов в системе удобрение–почва в условиях повышенных влажности и температуры вегетационных периодов, способствующих ускорению нитрификационных почвенных процессов. При этом при последствии агрохимикатов на динамику содержания $N-NO_3$ в слое 0–20 см почвы, как и при их действии, выявлена в ходе вегетации обратная зависимость от содержания нитратного азота за счет прохождения нитрификационных процессов и использования $N-NO_3$ в ходе вегетации ярового тритикале. При этом степень влияния агрохимикатов на аммиачный и нитратный режимы почвы зависела от их вида и была пропорциональна дозам удобрений. Наиболее наглядно данная зависимость проявлялась на величине суммарного содержания форм азота почвы, максимум которой был выявлен при применении дозы агрохимикатов 15 т/га при максимуме в варианте с действием удобрения на основе птичьего помета (табл. 1). Если при действии агрохимикатов среднее за вегетационный период содержание $N-NH_4$ было равно 4.18–25.5 мг/кг, то при последствии – только 1.82–2.67 мг/кг. Аналогичная

зависимость выявлена и для динамики содержания $N-NO_3$ в вариантах опыта. Все это нашло подтверждение во влиянии изученной группы агрохимикатов на суммарное содержание форм подвижного азота в слое 0–20 см почвы. При этом выявлено равноценное влияние агрохимикатов на основе подстилочного навоза КРС и *ОСВ* при дозе 15 т/га.

Оптимизация азотного режима почвы при действии и последствии изученных агрохимикатов способствовала повышению продуктивности как основной, так и побочной продукции культур звена севооборота. В частности, в условиях действия агрохимикатов прибавки продуктивности яровой пшеницы превышали уровень контроля в пропорциональной зависимости от доз удобрений на 37–97% при действии агрохимиката на основе подстилочного навоза КРС и на 85–106% – при действии агрохимиката на основе подстилочного птичьего помета (табл. 2).

По действию агрохимиката на основе осадка сточных вод выявлено повышение продуктивности яровой пшеницы на 84%, что сравнимо с действием агрохимиката на основе подстилочного птичьего помета в дозе 7.5 т/га по сухому веществу.

Данная зависимость обусловлена исходным агрохимическим составом агрохимикатов, а также их влиянием на азотный режим дерново-подзолистой супесчаной почвы (табл. 1).

Сохранявшееся при последствии повышенное влияние агрохимикатов на азотный режим

Таблица 2. Влияние агрохимикатов на продуктивность культур звена севооборота яровая пшеница – яровое тритикале, ц з.е./га

Вариант	Яровая пшеница			Яровое тритикале			Звено севооборота		
	1	2	3	1	2	3	всего	прибавка	
								ц/га	%
Контроль	10.9	3.4	14.3	12.7	4.1	16.8	31.1	—	—
Агрохимикат на основе навоза КРС, 7.5 т/га	15.0	3.8	18.8	16.6	6.4	23.0	41.8	10.7	34
Агрохимикат на основе навоза КРС, 15 т/га	21.5	5.7	27.2	21.4	8.2	29.6	56.8	25.7	83
Агрохимикат на основе птичьего помета, 7.5 т/га	20.2	5.8	26.0	21.8	8.1	29.9	55.9	24.8	80
Агрохимикат на основе птичьего помета, 15 т/га	22.5	6.4	28.9	32.1	11.4	43.5	72.4	41.3	133
Агрохимикат на основе осадка сточных вод, 15 т/га	20.1	6.0	26.1	20.8	7.7	28.5	54.6	23.5	76
<i>НСР</i> ₀₅	1.4	—	—	1.9	—	—	—	—	—

Примечание. В графе 1 – зерно, 2 – солома, 3 – сумма.

и биологические свойства пахотного слоя почвы способствовало повышению продуктивности ярового тритикале. При этом прибавки его продуктивности превышали уровень контроля в пропорциональной зависимости при последствии агрохимиката на основе подстильного навоза КРС на 31–68 и на 85–153% при последствии агрохимиката на основе подстильного птичьего помета. При последствии агрохимиката на основе *ОСВ* в дозе 15 т/га выявлено увеличение продуктивности ярового тритикале на 64%, что было сравнимо как с действием, так и последствием агрохимиката на основе подстильного навоза КРС и подстильного птичьего помета в дозе 7.5 т/га. Данная зависимость была обусловлена исходным агрохимическим составом агрохимикатов, а также их последствием на азотный режим дерново-подзолистой супесчаной почвы (табл. 1).

Следует отметить более высокую эффективность последствия агрохимикатов на продуктивность ярового тритикале в сравнении с действием. Данная зависимость была обусловлена более благоприятными погодными условиями вегетационного периода в 2023 г. с количеством осадков в мае и июле >100% от нормы при температуре, близкой к средней температурной норме. Этим определялось также отсутствие отрицательного эффекта от снижения содержания подвижного азота в слое 0–20 см почвы при последствии агрохимикатов в сравнении с их действием.

Влияние агрохимикатов на продуктивность побочной продукции было сравнимо с их действием и последствием на продуктивность основной продукции. В целом за звено севооборота максимальная прибавка, равная 133%, была получена в варианте с внесением агрохимиката на основе подстильного птичьего помета в дозе 15 т/га. При этом выявлена равнозначная эффективность действия на продуктивность агрохимикатов на основе подстильного навоза КРС и осадка сточных вод, сравнимая с эффективностью агрохимиката на основе подстильного птичьего помета в дозе 7.5 т/га.

Влияние агрохимикатов на основе отходов животноводства и *ОСВ* на величину побочной продукции определялось их макроэлементным составом,

периодичностью применения агрохимиката и климатическими условиями вегетационного периода, влияющими в комплексе на макроэлементный состав основной и побочной продукции. При этом содержание макроэлементов в биомассе яровой пшеницы не находилось в пропорциональной зависимости от доз и видов агрохимикатов в условиях их действия (табл. 3).

Данная зависимость может быть объяснена эффектом ростового разбавления, наиболее выраженно в содержании азота в вариантах с агрохимикатами на основе навоза КРС и птичьего помета, и обусловленного существенным повышением урожайности яровой пшеницы с учетом вида и доз применения удобрений.

Близкая зависимость выявлена при последствии изученных видов агрохимикатов на содержание макроэлементов в биомассе ярового тритикале. В наибольшей степени наличие ростового разбавления было выражено в макроэлементном составе основной продукции, особенно в содержании N и P₂O₅.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, при действии и последствии технологически различных видов агрохимикатов выявлено их положительное влияние на азотный режим дерново-подзолистой супесчаной почвы, продуктивность и макроэлементный состав зерновых культур звена севооборота.

Степень влияния агрохимикатов на аммиачный и нитратный режимы почвы зависела от их вида и была пропорциональна дозам удобрений. Наиболее наглядно данная зависимость проявлялась в величине суммарного содержания подвижных форм азота почвы. Максимальное их содержание отмечено при дозе агрохимикатов 15 т/га в варианте с действием удобрения на основе птичьего помета.

Влияние агрохимикатов на продуктивность основной продукции в зерновом звене севооборота определялось их влиянием на азотный режим почвы в разных фазах вегетации культур и погодными

Таблица 3. Действие агрохимикатов на химический состав зерна яровой пшеницы

Вариант	Содержание, % а.с.в.					
	в зерне			в соломе		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	1.98	0.46	0.54	0.24	0.38	1.03
Агрохимикат на основе навоза КРС 7.5 т/га	1.53	0.62	0.51	0.24	0.32	1.03
Агрохимикат на основе навоза КРС 15 т/га	1.43	0.67	0.48	0.22	0.20	1.09
Агрохимикат на основе птичьего помета 7.5 т/га	1.62	0.46	0.34	0.32	0.20	1.14
Агрохимикат на основе птичьего помета 15 т/га	1.35	0.59	0.34	0.24	0.19	1.17
Агрохимикат на основе осадка сточных вод 15 т/га	1.53	0.66	0.49	0.24	0.32	1.13

условиями вегетационного периода. Вследствие этого максимальная продуктивность зерновых культур получена при действии и последствии агрохимиката на основе подстилочного птичьего помета при сравнимой эффективности равноценных доз агрохимикатов на основе подстилочного навоза КРС и ОСВ.

В ходе проведенного исследования показано наличие эффекта ростового разбавления в содержании макроэлементов в основной и побочной продукции зерновых культур звена севооборота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анциферова Е.Ю. Эколого-агрохимическая оценка осадков сточных вод, используемых в качестве удобрения: Автореф. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 2003. 23 с.
2. Сюняев Н.К., Тютюнькова М.В., Слипец А.А. Анализ опыта почвенного пути утилизации осадков сточных вод. М.: РГАУ–МСХА им. К. А. Тимирязева, 2008. 108 с.
3. Беляков А.Н. Влияние компоста на основе куриного помета на урожай и качество сельскохозяйственных культур: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2000. 23 с.
4. Курганова Е.В., Копейкина Л.И., Гюнтер Л.И., Беляева С.Д. Комплексная оценка осадков сточных вод // Агрохим. вестн. 1999. № 3. С. 38–40.
5. Laturnus F., von Arnold K., Grøn C. Organic contaminants from sewage sludge applied to agricultural soils // Environ. Sci. Pollut. Res. 2007. № 14. P. 53–60.
6. Касатиков В.А., Раскатов В.А., Шабардина Н.П. Влияние микробиологических деструкторов лигнинсодержащих отходов на агроэкологические свойства компоста на основе осадка сточных вод и опилок // Докл. МСХА. 2010. Вып. 283. С. 806–811.
7. Касатиков В.А., Шабардина Н.П. Влияние агрохимиката на основе осадка городских сточных вод на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы, урожайность райграса однолетнего // Владимир. земледелец. 2020. № 2. С. 10–13.

Effect of Agrochemicals Based on Animal by-Products, Sewage Sludge on the Nitrogen Regime of Sod-Podzolic Soil, Productivity and Macronutrient Composition of Cereals

V. A. Kasatikov^{a, #}, N. P. Shabardina^a

^aAll-Russian Research Institute of Organic Fertilizers – branch of the Verkhnevolzhsky FASC, ul. Pryanishnikova 2, d. Vyatkins, Sudogodsky district, Vladimir region 601390, Russia

[#]E-mail: kasv47@yandex.ru

The effect and aftereffect of agrochemicals obtained by mesophilic-thermophilic composting of organogenic by-products (manure of cattle, bird droppings and a mixture of urban wastewater sediment with sawdust) on the nitrogen regime of sod-podzolic sandy loam soil, the productivity of cereals in the crop rotation, their macronutrient composition were studied. It is concluded that these agrochemicals based on by-products of animal husbandry and sewage sludge significantly influenced the nitrogen regime of the soil, the productivity of the grain component of crop rotation and the macronutrient composition of crops.

Keywords: agrochemicals, cattle manure, sewage sludge, nitrogen regime of soil, crops, productivity, macronutrients.