

THE EFFICIENCY OF BIOPREPARATIONS ENDOPHYTIC BACTERIA ON SPRING WHEAT AND STABILITY OF AGROECOSYSTEMS

A.A. Alferov¹, A.A. Zavalin¹, L.S. Chernova¹, V.K. Chebotar²

¹ Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia.

² All-Russian Research Institute for Agricultural Microbiology, Podbelskogo sh., 3, 196608 Saint Petersburg, Russia.

The results of studies about the effect of biological preparations of endophytic bacteria on the spring wheat grain productivity with different backgrounds of mineral nutrition are presented. With the inoculation of spring wheat seeds with the endophytic bacteria BP₂ biopreparation on a background without nitrogen and the introduction of N45 irrespective of the weather conditions, the grain yield increased, which is probably due to an increase in the availability of nitrogen and plants resistance to the stressing environment. The biopreparation BP₁ effect varies from year to years of the research and the mineral nutrition backgrounds. A positive effect was noted on the phosphate-potassium fertilizers application, which was expressed in the grain yield increase in the on average by 25%. The Extrasol using only on a nitrogen-free background was contributed to an increase in yield on average by 26%. Combined application of the nitrogen fertilizer in a dose of 45 kg/ha and endophytic bacteria biological products allows to increase the spring wheat grain productivity by 1.6-2.1 times. The parameters of nitrogen cycles in spring wheat crops were determined: mineralization, immobilization/reimmobilization, netto mineralization in the conditions of sod-podzolic soil under applying nitrogen fertilizer labeled with ¹⁵N and inoculation with biopreparations. It is shown that the use of biological products does not increase the environmental sustainability of the agroecosystem.

Keywords: endophytic bacteria biopreparations, nitrogen fertilizer, grain yield, spring wheat, nitrogen fluxes, agroecosystem stability.

УДК 631.95:628.381.1

ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ОСАДКА ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД И ДЕЙСТВИЕ ТОРФОГУМИНОВОГО УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И МАКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ

*В.А. Касатиков, д.с.-х.н., Н.П. Шабардина, ВНИИОУ,
В.А. Раскатов, к.б.н., РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева
kasv47@yandex.ru, raskatovv@list.ru*

Представлены результаты, полученные в мелкоделяночном и микрополевом опытах, по изучению последствий осадка городских сточных вод и торфогуминового удобрения на урожайность и макроэлементный состав яровой тритикале.

Ключевые слова: осадок сточных вод, известкование, торфогуминовое удобрение, урожайность, яровая тритикале.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.106.14

Осадки сточных вод (ОСВ) и бытовые органические отходы – один из основных отходов производственной деятельности человека. Ежегодная масса производимых ОСВ при влажности 75% составляет 12,8 млн т. Утилизация осадков сточных вод является решаемой проблемой. Использование осадка городских сточных вод на удобрение в исходном состоянии или в составе компоста – один из приемов его утилизации [1-3].

Существует ряд других направлений использования осадков сточных вод, в том числе для производства органических удобрений на их основе, способствующих решению вышеуказанной экологической проблемы.

ОСВ и удобрения на их основе, благодаря высокому содержанию органического вещества улучшают плодородие почвы и его агрофизические свойства и повышают урожай сельскохозяйственных культур. Внесение ОСВ и компостов на их основе в почву влияет на агрохимические свойства почв, увеличение запасов органического вещества, усиление нитрификации в пахотном слое, возрастание биологической активности почвы, увеличение количества целлюлозоразлагающих бактерий и уменьшение доли плесневых грибов. Особенно отчетливо почвоулучшающие свойства данных органических удобрений проявляются на песчаных, супесчаных и малоплодородных деградированных почвах [2-4].

Цель наших исследований – изучить последствие осадка городских сточных вод, влияние известкования и торфогуминового удобрения на урожайность и макроэлементный состав яровой тритикале.

Методика. Исследования проводили в мелкоделяночном и микрополевом опытах, заложенных на опытном поле ВНИИОУ в звене севооборота озимая рожь – яровая тритикале. Почва участков дерново-подзолистая супесчаная, развитая на флювиогляциальной супеси, подстилаемой моренным суглинком. Площадь деланки мелкоделяночного опыта 3 м², повторность 6-кратная. Микрополевым опыт заложен в 3-кратной повторности в сосудах без дна (d = 20 см), вкопанных на деланках мелкоделяночного опыта с длительным применением различных доз осадка городских сточных вод (360-1440 т/га в сумме за годы исследований) в сочетании с различными уровнями известкования (3-6 т/га). Торфогуминовое удобрение (ТГУ) получено методом щелочной обработки 0,1 н. КОН диспергированного торфа. Далее рН среды доводили до нейтральной реакции добавлением 1 н. H₂SO₄. Агроэкологическая характеристика ТГУ: влажность – 78,9 %, N_{общ.} – 1,54 %, P₂O₅ – 0,37, K₂O – 2,91 % (на сухое вещество), C_{общ.} – 33,8 %.

Дозы торфогуминового удобрения рассчитывали по содержанию общего углерода в вытяжке и вносили в жидком виде из расчета 3 и 6 г/м² органического угле-

рода. В расчете на влажность ТГУ, равную 78,9%, его дозы были равны, соответственно, 42 и 84 г/м², или 420 и 840 кг/га.

Культура – яровая тритикале.

Результаты и их обсуждение. Оптимизация гумусового состояния, физических, агрохимических и биологических свойств пахотного слоя почвы способствовала повышению урожайности яровой тритикале. При этом прибавки урожайности зерна возрастали в прямой зависимости от суммарных доз ОСВ, пропорционально уровням известкования, на 17,5-21,7 %; 31,7-36,7; 45,8-60,8 и 86,7-94,2 %. Достоверно значимые прибавки получены на всех фонах известкования, достигая максимума при дозе известкования 6-9 т/га (табл. 1).

1. Влияние длительного последствия ОСВ в сочетании с известкованием на урожайность яровой тритикале (2017 г.)

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю	
		ц/га	%
Контроль, без удобрений	12,0	-	-
ОСВ, 180 т/га + дол. м. 3 т/га	14,1	2,1	17
ОСВ, 360 т/га + дол. м. 3 т/га	15,8	3,8	32
ОСВ, 720 т/га + дол. м. 3 т/га	17,5	5,5	46
ОСВ, 1440 т/га + дол. м. 3 т/га	22,4	10,4	87
ОСВ, 180 т/га + дол. м. 6 т/га	14,4	2,4	20
ОСВ, 360 т/га + дол. м. 6 т/га	16,1	4,1	34
ОСВ, 720 т/га + дол. м. 6 т/га	18,6	6,6	55
ОСВ, 1440 т/га + дол. м. 6 т/га	22,8	10,8	90
ОСВ, 180 т/га + дол. м. 9 т/га	14,6	2,6	22
ОСВ, 360 т/га + дол. м. 9 т/га	16,4	4,4	37
ОСВ, 720 т/га + дол. м. 9 т/га	19,3	7,3	61
ОСВ, 1440 т/га + дол. м. 9 т/га	23,3	11,3	94
НСР ₀₅	1,60	-	-

Выявленная зависимость является систематической и проявляется в звене севооборота в условиях действия и последствия ОСВ. Об этом свидетельствуют данные таблицы 2.

2. Влияние длительного действия и последствия ОСВ в сочетании с известкованием на продуктивность звена севооборота озимая рожь – яровая тритикале (2016-2017 гг.), ц/га з. е.

Вариант опыта	Озимая рожь	Яровая тритикале	Сумм. продуктивность	Прибавка	
				ц/га	%
Контроль, без удобрений	35,0	16,9	51,9	-	-
ОСВ, 180 т/га + дол. м., 3 т/га	39,6	19,7	59,3	7,4	14
ОСВ, 360 т/га + дол. м., 3 т/га	43,1	22,1	65,2	13,3	26
ОСВ, 720 т/га + дол. м., 3 т/га	47,8	24,7	72,5	20,6	40
ОСВ, 1440 т/га + дол. м., 3 т/га	52,8	31,4	84,2	32,3	62
ОСВ, 180 т/га + дол. м., 6 т/га	40,5	20,2	60,7	8,8	17
ОСВ, 360 т/га + дол. м., 6 т/га	43,1	22,7	65,8	13,9	27
ОСВ, 720 т/га + дол. м., 6 т/га	46,9	26,4	73,3	21,4	41
ОСВ, 1440 т/га + дол. м., 6 т/га	53,5	31,8	85,3	33,4	64
ОСВ, 180 т/га + дол. м., 9 т/га	39,0	20,6	59,6	7,7	15
ОСВ, 360 т/га + дол. м., 9 т/га	42,3	23,1	65,4	13,5	26
ОСВ, 720 т/га + дол. м., 9 т/га	45,4	27,1	72,5	20,6	40
ОСВ, 1440 т/га + дол. м., 9 т/га	50,3	32,4	82,7	30,8	59
НСР ₀₅	2,23	2,16	-	-	-

Полученные данные о влиянии последствия различных доз ОСВ и уровней известкования на урожайность тритикале согласуются с данными в звене озимая рожь – яровая тритикале. И действительно величина продуктивности звена севооборота пропорциональна дозам ОСВ и не зависит от уровней известкования почвы.

Действие ТГУ₁ в дозе 3 г/м² при его систематическом применении способствовало дополнительному увеличению прибавок урожайности тритикале относительно фона, как и в двойной дозе (ТГУ₂). При этом следует отметить рост уровня прибавок к контролю урожайности яровой тритикале при двукратном повышении дозы известкования, соразмерной с данными, полученными в 2016 г. в условиях действия ОСВ (табл. 3).

3. Действие ТГУ по фону ОСВ на урожайность зерна яровой тритикале (2017 г.)

Вариант опыта	Урожайность, г/м ²	Прибавка к контролю		Прибавка к фону	
		г/м ²	%	г/м ²	%
Контроль, б/у	129	-	-	-	-
<i>Фон</i>					
ОСВ, 360 т/га + дол. м., 3 т/га	159	30	23	-	-
ОСВ, 1440 т/га + дол. м., 3 т/га	235	106	82	-	-
ОСВ, 360 т/га + дол. м., 6 т/га	194	65	50	-	-
ОСВ, 1440 т/га + дол. м., 6 т/га	254	125	97	-	-
<i>Фон + ТГУ₁</i>					
ОСВ, 360 т/га + дол. м., 3 т/га	246	117	91	87	55
ОСВ, 1440 т/га + дол. м., 3 т/га	342	213	165	107	45
ОСВ, 360 т/га + дол. м., 6 т/га	270	141	109	76	39
ОСВ, 1440 т/га + дол. м., 6 т/га	394	265	205	140	55
<i>Фон + ТГУ₂</i>					
ОСВ, 360 т/га + дол. м., 3 т/га	286	157	122	127	80
ОСВ, 1440 т/га + дол. м., 3 т/га	411	282	219	176	75
ОСВ, 360 т/га + дол. м., 6 т/га	313	184	143	119	61
ОСВ, 1440 т/га + дол. м., 6 т/га	445	316	245	191	75
НСР ₀₅	38				

Содержание азота в зерне яровой тритикале повысилось в удобренных вариантах по сравнению с контролем (табл. 4). При этом максимальный уровень азота в зерне яровой тритикале получен при дозе известкования 9 т/га. В то же время систематическое применение ОСВ на фоне с известкованием не способствует ожидаемому повышению содержания фосфора. В отличие от данных, полученных по действию ОСВ в 2016 г., по последствию не выявлен эффект ростового разбавления на содержание азота и фосфора в зерне яровой тритикале, обусловленный ростом урожайности. Установленная зависимость не распространяется также на концентрацию калия в зерне и соломе яровой тритикале.

Следует отметить, что в условиях последствия систематического применения ОСВ и известкования не отмечено различий в действии уровней известкования на макроэлементный состав зерна и соломы яровой тритикале при наличии положительной тенденции влияния доз ОСВ.

Вынос макроэлементов урожаем биомассы яровой тритикале зависит от их содержания в зерне и соломе и

урожайности, достигая максимальных значений в варианте по ОСВ, 1440 т/га по фону доломитовой муки в дозе 9 т/га.

4. Влияние длительного применения различных доз ОСВ в сочетании с известкованием на макроэлементный состав зерна и соломы яровой тритикале

Вариант опыта	Содержание, %					
	в зерне			в соломе		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль, б/у	1,68	0,92	0,55	0,34	0,18	0,36
ОСВ, 180 т/га + дол.м., 3 т/га	1,72	0,96	0,57	0,49	0,24	0,39
ОСВ, 360 т/га + дол.м., 3 т/га	1,79	1,02	0,59	0,53	0,28	0,40
ОСВ, 720 т/га + дол.м., 3 т/га	1,90	1,03	0,59	0,53	0,32	0,37
ОСВ, 1440 т/га + дол.м., 3 т/га	2,02	1,04	0,60	0,53	0,34	0,39
ОСВ, 180 т/га + дол.м., 6 т/га	1,74	0,92	0,58	0,36	0,22	0,35
ОСВ, 360 т/га + дол.м., 6 т/га	1,82	0,93	0,59	0,41	0,24	0,38
ОСВ, 720 т/га + дол.м., 6 т/га	1,98	0,94	0,59	0,41	0,25	0,48
ОСВ, 1440 т/га + дол.м., 6 т/га	1,92	0,99	0,60	0,39	0,26	0,51
ОСВ, 180 т/га + дол.м., 9 т/га	2,08	0,94	0,57	0,39	0,22	0,41
ОСВ, 360 т/га + дол.м., 9 т/га	1,96	0,96	0,58	0,42	0,26	0,45
ОСВ, 720 т/га + дол.м., 9 т/га	1,82	0,97	0,59	0,48	0,32	0,48
ОСВ, 1440 т/га + дол.м., 9 т/га	1,80	0,97	0,60	0,50	0,34	0,46

По действию ТГУ отмеченные выше зависимости сохраняются (табл. 5). Выявлено наличие эффекта ростового разбавления на содержание в соломе азота при действии ТГУ₁, азота и фосфора при действии ТГУ₂.

Заключение. Использование нетрадиционных источников питания растений в виде ОСВ и ТГУ оказывает заметное положительное влияние на продуктивность культур в звене озимая рожь – яровая тритикале. Выявлено достоверное положительное последствие повышенных доз ОСВ и различных уровней известкования на их урожайность. Применение ТГУ на фоне ОСВ способствует повышению урожайности озимой ржи на 9-40%, а яровой тритикале на 91-245% в условиях микрополевого опыта при отсутствии заметного

влияния на агрохимический состав зерна и соломы, за исключением азота.

5. Влияние длительного применения различных доз ОСВ в сочетании с известкованием и действием ТГУ на химический состав зерна и соломы яровой тритикале

Вариант опыта	Содержание, %					
	в зерне			в соломе		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль, б/у	1,97	1,07	0,65	0,70	0,29	0,44
<i>Фон</i>						
ОСВ, 360 т/га+ дол. м., 3 т/га	2,03	0,93	0,62	0,86	0,31	0,35
ОСВ, 1440 т/га+ дол. м., 3 т/га	2,23	0,94	0,62	0,85	0,29	0,38
ОСВ, 360 т/га+ дол. м., 6 т/га	1,73	0,93	0,56	0,85	0,23	0,41
ОСВ, 1440 т/га+ дол. м., 6 т/га	1,77	1,07	0,62	0,83	0,26	0,43
<i>Фон + ТГУ₁</i>						
ОСВ, 360 т/га+ дол. м., 3 т/га	1,68	0,91	0,59	0,49	0,20	0,38
ОСВ, 1440 т/га+ дол. м., 3 т/га	2,20	1,03	0,71	0,67	0,26	0,41
ОСВ, 360 т/га+ дол. м., 6 т/га	1,68	0,94	0,65	0,51	0,23	0,41
ОСВ, 1440 т/га+ дол. м., 6 т/га	1,89	0,97	0,67	0,56	0,29	0,41
<i>Фон + ТГУ₂</i>						
ОСВ, 360 т/га+ дол. м., 3 т/га	1,58	0,91	0,59	0,49	0,19	0,38
ОСВ, 1440 т/га+ дол. м., 3 т/га	1,67	0,93	0,62	0,46	0,20	0,44
ОСВ, 360 т/га+ дол. м., 6 т/га	2,01	1,01	0,68	0,43	0,18	0,38
ОСВ, 1440 т/га+ дол. м., 6 т/га	2,01	1,03	0,69	0,56	0,20	0,41

Литература

1. Анализ опыта почвенного пути утилизации осадков сточных вод /Сюняев Н. К., Гютюнькова М. В., Слипец А. А. и др. – М.: ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2008. – 108 с.
2. 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// Доклады МСХА. – Вып. 283. – 2010. - С.806-811.
3. Касатиков В.А., Шабардина Н.П., Раскатов В.А. Последствие систематического применения осадка городских сточных вод по фону известкования на агробиологические и экологические свойства дерново-подзолистой почвы// Плодородие. – 2017. – №1. – С. 43-45.
4. Keller C., Kayser A., Schulin R. Heavy-metal uptake by agricultural crops from sewage sludge treated soils of the Upper Swiss Rhine Valley and the effect of time.// Environmental restoration of metals-contaminated soils, USA, 2001, p. 273-293.

THE AFTEREFFECT OF URBAN WASTEWATER SLUDGE AND THE EFFECT OF PEAT HUMIC FERTILIZER ON THE YIELD OF SPRING TRITICALE AND ITS MACRONUTRIENT COMPOSITION

V.A. Kasatikov¹, N.P. Shabardina¹, V.A. Raskatov²

¹ VNIIOU, Pryanishnikova ul. 2, 601390 Vyatkino township, Russia, e-mail: kasv47@yandex.ru.

² RSAU-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazeva ul. 49, 127550 Moscow, Russia, e-mail: raskatovv@list.ru.

In this article we present the results obtained in small and micro field experiments for studying an aftereffect of application of sludge of municipal wastewater and peat-humic fertilizer on yield and macronutrient composition of spring triticales.

Key words: sewage sludge, liming, peat humic fertilizer, yield, spring triticales.