

Исследование различных технологических приемов применения биопрепарата ЖФБ на яровой пшенице

Г. Ю. Рабинович¹, Ю. Д. Смирнова¹✉, Н. В. Фомичева¹

¹ ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева», Москва, Россия

✉ E-mail: ulayad@yandex.ru

Аннотация. Целью исследований являлось определение наиболее эффективного технологического приема применения биопрепарата ЖФБ на посевах яровой пшеницы. **Методология и методы исследования.** Исследования проводились на дерново-подзолистой почве в 2017–2019 гг. в Тверской области. В состав ЖФБ входят агрономически полезная микрофлора (от $n \times 10^9$ до $n \times 10^{12}$ КОЕ/мл), физиологически активные вещества, комплекс макро- и микроэлементов. Исследовали следующие технологические приемы: обработка семян перед посевом, двукратная некорневая обработка вегетирующих растений и совмещение данных приемов. **Результаты.** Все исследуемые технологические приемы применения ЖФБ способствовали прибавке урожайности зерна яровой пшеницы. Наибольшая урожайность в среднем за три года исследований получена при совмещении приемов обработки семян 1-процентным раствором ЖФБ и опрыскивании вегетирующих растений в дозе 3 л/га – 2,96 т/га (в контроле 2,63 т/га). Максимальная урожайность сформирована в первую очередь за счет увеличения продуктивности стеблей (95 %). Кроме этого, применение ЖФБ во всех вариантах исследований способствовало достоверному увеличению числа зерен в колосе на 1,2–1,9 шт., отмечалась тенденция в увеличении массы 1000 зерен. Наблюдалось повышение содержания азота в почве в вариантах с внесением ЖФБ за счет активизации деятельности азоттрансформирующей микрофлоры, что подтверждается корреляционными связями. Повышение азотного питания пшеницы и биохимические процессы, проходящие в растениях под влиянием ЖФБ, привели к увеличению содержания белка в зерне пшеницы. **Научная новизна.** Предлагается новый перспективный биопрепарат ЖФБ, для которого выбран наиболее эффективный агротехнологический прием применения на посевах яровой пшеницы, позволяющий повысить урожайность данной культуры, ее качество, а также улучшить агрохимические и микробиологические показатели почвы.

Ключевые слова: яровая пшеница, биопрепарат ЖФБ, обработка семян, некорневая обработка, урожайность, азоттрансформирующие микроорганизмы, качество.

Для цитирования: Рабинович Г. Ю., Смирнова Ю. Д., Фомичева Н. В. Исследование различных технологических приемов применения биопрепарата ЖФБ на яровой пшенице // Аграрный вестник Урала. 2020. № 05 (196). С. 20–26. DOI: ...

Дата поступления статьи: 25.03.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Выращивание зерновых культур является приоритетным направлением АПК, доля зерновых посевов во многих аграрных хозяйствах составляет 60 % от всей структуры севооборота. Продовольственное обеспечение страны зависит от показателей сельхозтоваропроизводителей зерна [1, с. 113], [2, с. 1603].

В последние годы темпы валового сбора зерна постоянно возрастают, что связано с увеличением площадей, занятых зерновыми культурами, и ростом урожайности. По данным Минсельхоза РФ, общий урожай зерна в 2019 г. составил 121 млн т, увеличившись по сравнению с 2018 г. на 8 млн т. В том числе собрано 77,9 млн т пшеницы (+4,5 млн т) с площади 27,5 млн га (+ 1,1 млн га), при этом урожайность зерна составила 2,83 т/га (+0,05 т/га) [3]. Средняя урожайность пшеницы у европейских фермеров в 2019 г. составила 6,02 т/га [4], в РФ урожайность 5,5–6,5 т/га зафиксирована только в отдельных хозяйствах страны. В Ростовской области средняя урожайность зерновых в 2019 г. увеличилась и составила

3,37 т/га против 3,19 т/га в 2018 г., в Белгородской области – 4,75 т/га, что выше уровня предыдущего года на 0,34 т/га [5]. В Тверской области, по данным Федеральной службы государственной статистики РФ, урожайность яровой пшеницы в 2018 г. составила 1,44 т/га.

Если валовой сбор зерна растет, то качество зерна по-прежнему остается низким. По данным Россельхозцентра, доля пшеницы I–IV классов составляет 84,3 %, в том числе на III класс приходится 36,0 % обследованного зерна, на IV – 47,4 %, пшеницы I класса выявлено не было (последний раз данный класс присутствовал в 2012 г.) [6].

Получение высоких урожаев зерна складывается в основном из природно-климатических условий региона и интенсификации процессов возделывания. Наиболее эффективными приемами в решении данной задачи является применение химических и биологических препаратов для обработки посевного материала и некорневой листовой подкормки. Предпосевная обработка семян проводится с целью стимулирования ростовых процессов, защиты от болезней, повышения коэффициентов использо-

вания питательных элементов из удобрений и почвы [7, с. 1726], [8, с. 43]. Например, исследователи из Ярославской ГСХА показали эффективность использования для обработки семян яровой пшеницы, ячменя, овса биопрепаратов «Флавобактерин», «Ризоагрин» и 17-1, которые способствовали увеличению урожайности, повышению содержания сухого вещества, жира у ячменя и пшеницы [9, с. 19]. При этом во всех случаях отмечалось повышение полевой всхожести, листовой поверхности растений.

Применение некорневых обработок приводит к усилению физиолого-биохимических процессов растений, направленных на активизацию роста и развития растений, тем самым повышению урожайности зерновых культур [10, с. 11], [11, с. 7]. Обработка посевов яровой пшеницы препаратами «Циркон» и «Планриз» способствовала повышению урожайности зерна на 0,21–0,25 т/га, содержания сырого белка на 0,6–1,2 % и значительному увеличению фотосинтетического потенциала на 44–47 % [10, с. 11].

Также проводят совмещение инокуляции семян с некорневыми обработками [12, с. 144], [13, с. 134], такой агротехнический прием позволяет комплексно воздействовать на растения и снижать дозы вносимого минерального удобрения. В полевых опытах Белгородский ГАУ проводилось изучение влияния биопрепарата «Биогор КМ» на продукционный процесс яровой пшеницы сорта Дар Черноземья. Наибольшую урожайность за 2017–2019 гг. обеспечивала обработка зерна пшеницы в сочетании с двукратным опрыскиванием вегетирующих растений – 2,76 т/га, в варианте только с обработкой зерна урожайность была ниже на 0,17 т/га, а в контроле – на 0,44 т/га. При этом площадь листовой поверхности составила 31,9 тыс. м²/га, 30,5 тыс. м²/га и 25,4 тыс. м²/га соответственно [12, с. 144].

В Нижне-Волжском НИИСХ проводились полевые опыты по использованию препаратов «Витаплан», «Мивал-агро», «Купроцин» для обработки семян озимой пшеницы совместно с обработкой растений в фазу весеннего кущения. Применение указанных препаратов способствовало повышению устойчивости растений озимой пшеницы к корневым гнилям (поражение уменьшилось на 35,8 %), а также увеличению урожайности на 33,0 % и улучшению качества зерна за счет активации физиологических процессов жизнедеятельности в растениях [14, с. 5].

Во ВНИИМЗ разработана технология получения биопрепарата микробной природы ЖФБ, получаемого ферментационно-экстракционным способом из торфо-навозной смеси. В состав ЖФБ входят агрономически полезная микрофлора общей численностью от $n \times 10^9$ до $n \times 10^{12}$ КОЕ/мл (аммонифицирующая, амилитическая, аминокислотсинтезирующая, мобилизующая органофосфаты и др.), продукты их жизнедеятельности, физиологически активные вещества, макро- и микроэлементы, гуминовые вещества [15, с. 10].

Эффективность применения ЖФБ в качестве некорневой обработки различных сельскохозяйственных культур показана во многих работах [16, с. 668], [17, с. 80]. Цель настоящей работы – определить наиболее эффек-

тивный технологический прием применения биопрепарата ЖФБ на посевах яровой пшеницы.

Методология и методы исследования (Methods)

Полевые опыты с посевом яровой пшеницы сорта Иргина проводили на дерново-подзолистой почве мелиоративного объекта «Губино» ФГБНУ ВНИИМЗ в 2017–2019 гг. Почва на опытных участках дерново-подзолистая, среднекислая (pH_{KCl} 4,8–5,0), с высоким содержанием подвижного фосфора (P_2O_5 – 208–223 мг/кг) и калия (K_2O – 234–251 мг/кг) по Кирсанову, низкой обеспеченностью азотом по Тюрину и Кононовой ($N_{гр.}$ – 35–38 мг/кг) и гумусом по Тюрину (2,1–2,5 %). Технология возделывания яровой пшеницы – принятая для культуры. В качестве фона основного минерального удобрения вносили 2 ц нитроаммофоски ($N_{32}P_{32}K_{32}$).

На посевах исследовали следующие технологические приемы: обработка семян перед посевом, некорневая обработка вегетирующих растений и совмещение данных приемов. Семена яровой пшеницы обрабатывали ЖФБ за 2 часа до посева из расчета 20 л рабочего раствора на 1 т семян, используя две концентрации биопрепарата – 0,1 и 0,2 %. Некорневые обработки проводили по фазам роста пшеницы (кущение и колошение) из ручного опрыскивателя в дозе 3 л/га при норме расхода рабочего раствора 300 л/га. Опыты заложены в четырехкратной повторности, расположение делянок систематизированное. Общая площадь делянки составила 45 м², учетная – 24 м².

Отбор почвенных образцов осуществляли асептически из пахотного горизонта (0–20 см) для определения микробиологических и агрохимических показателей. Численность микроорганизмов определяли методом предельных разведений на твердых питательных средах: аммонифицирующих на мясо-пептонном агаре (МПА), амилитических на крахмало-аммиачном агаре (КАА).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью компьютерных программ Microsoft Excel 2003, STATGRAPHICS Centurion XVI.II.

Условия произрастания культуры в 2017–2019 гг. отличались неблагоприятными метеорологическими показателями. Вегетационный период 2017 г. (май – август) характеризовался преобладанием повышенной влажности (ГТК составил 1,79), температура воздуха была ниже климатической нормы с частыми кратковременными дождями, что привело к переувлажнению почвы, и только в августе преобладала теплая и жаркая погода с кратковременными осадками. Погода 2018 г. характеризовалась как слабозасушливая (ГТК 1,21) – дожди были преимущественно небольшие и умеренные, по температурным условиям в целом теплее обычного. Погодные условия 2019 г. в целом оптимальные по влажности (ГТК – 1,43): май и начало июня – температура выше нормы, небольшие осадки, затем отмечается похолодание с температурой воздуха ниже нормы, сохраняющейся до конца вегетационного периода, в августе отмечали частые дожди, как следствие – высокая влажность воздуха и переувлажнение почвы.

Результаты (Results)

Яровая пшеница хорошо отзывается на применение в агротехнологии их возделывания препаратов биологической, гуминовой или синтетической природы, что отме-

чается различными исследователями. Положительное их воздействие отмечено на биометрических показателях, урожайности культуры, снижении поражения растений болезнями и вредителями, увеличении содержания белка и улучшении других качественных характеристик.

Применение биопрепарата ЖФБ на посевах яровой пшеницы в полевых опытах 2017–2019 гг. способствовало формированию повышенного урожая зерна по сравнению с контрольным фоновым вариантом. Наибольшая урожайность в среднем за три года исследований получена при совмещении приемов – обработка семян 1-процентным раствором ЖФБ + опрыскивание вегетирующих растений – 2,96 т/га (таблица 1). Урожайность пшеницы практически во всех опытных вариантах между собой различалась не значимо, но была достоверно выше контрольного варианта. В варианте с совмещением обработки семян 2-процентным ЖФБ и опрыскивания не отмечали достоверного прироста урожая зерна ни в один из исследуемых вегетационных периодов. Если рассматривать показатели урожайности по годам исследования, то данные 2017 г. несколько отличались от усредненных данных: максимальная урожайность отмечалась в варианте с обработкой семян 1-процентным ЖФБ, а в варианте с совмещением приемов (обработка семян 1-процентным ЖФБ + опрыскивание) достоверного прироста урожая относительно контроля не наблюдали.

Анализ элементов структуры урожая яровой пшеницы показал непосредственное влияние изучаемых агротехнических приемов на формирование урожая. В среднем за 3 года исследований высота растений и длина колоса увеличились в различной степени в зависимости от способа применения биопрепарата ЖФБ (таблица 2). Достоверное изменение длины колоса отмечалось при обработке зерна яровой пшеницы 1-процентным раствором и при сочетании данного приема с некорневой обработкой по вегетирующим растениям и составило 6,1–6,8 %. Применение ЖФБ благоприятно отразилось на продуктивности колоса – во всех вариантах отмечалось достоверное увеличение числа зерен в колосе: в среднем на 1,2–1,9 шт. (таблица 2). Также наблюдали положительную динамику в увеличении массы 1000 зерен в опытных вариантах по сравнению с контролем, хотя существенных различий между вариантами не отмечали.

Все приемы благоприятно отразились на формировании продуктивных стеблей, особенно в вариантах, где применялось опрыскивание вегетирующих растений. Максимальная продуктивность стеблей отмечена в варианте с обработкой зерна яровой пшеницы 1-процентным раствором ЖФБ + опрыскивание вегетирующих растений – 95 % от общего числа стеблей, что способствовало формированию наибольшего урожая зерна.

Таблица 1
Урожайность яровой пшеницы

Вариант	Прием обработки	Урожайность, т/га				
		2017	2018	2019	Средняя	Прибавка к контролю, %
1	НРК (фон) – контроль	2,67	2,53	2,70	2,63	–
2	Фон + некорневая обработка	2,88	2,74	2,91	2,84	8,0
3	Фон + обработка семян 1 % ЖФБ	3,02	2,74	2,92	2,89	9,8
4	Фон + обработка семян 1 % ЖФБ + некорневая обработка	2,76	2,85	3,26	2,96	12,2
5	Фон + обработка семян 2 % ЖФБ	2,83	2,71	2,88	2,81	6,6
6	Фон + обработка семян 2 % ЖФБ + некорневая обработка	2,69	2,60	2,90	2,73	3,6
	НСР ₀₅	0,19	0,14	0,16	0,16	–

Table 1
The yield of spring wheat

Option	The reception processing	Yield, t/ha				
		2017	2018	2019	Average	Increase in control, %
1	NPK (background) – control	2.67	25.3	27.0	26.3	–
2	Background + foliar treatment	2.88	27.4	29.1	28.4	8.0
3	Background + seed treatment 1 % LPB	30.2	27.4	29.2	28.9	9.8
4	Background + seed treatment 1 % LPB + foliar treatment	27.6	28.5	32.6	29.6	12.2
5	Background + seed treatment 1 % LPB	28.3	27.1	28.8	28.1	6.6
6	Background + seed treatment 1 % LPB + foliar treatment	26.9	26.0	29.0	27.3	3.6
	LSD ₀₅	0.19	0.14	0.16	0.16	–

На формирование повышенных биометрических показателей яровой пшеницы большое влияние оказывает содержание азота в период кушения – начала цветения, когда формируются завязи будущих зерен. В процессе трансформации азоторганических соединений почвы до доступных для растений форм азота участвуют азоттрансформирующие микроорганизмы, в частности аммонифицирующие и амилолитические. В биопрепарате ЖФБ содержится 10^{10} – 10^{12} КОЕ/мл микроорганизмов данных физиологических групп. Внесение ЖФБ вместе

с семенами пшеницы и в результате непосредственного попадания в почву при первом опрыскивании вегетирующих растений в фазу кушения способствовало постепенному разложению органических составляющих почвы и накоплению дополнительного количества азота к фазе колошения (таблица 3). В других исследованиях также отмечается подвижка элементов питания и микробиологических показателей почвы при использовании микробных препаратов на посевах злаковых культур [18, с. 23], [19, с. 81].

Таблица 2
Элементы структуры урожая и биологическая урожайность яровой пшеницы (2017–2019 гг.)

Вариант	Высота растения, см	Длина колоса, см	Число стеблей, шт/м ²		Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Биологическая урожайность, т/га
			Общее	Продуктивных			
1	93,2	8,55	527	483	30,8	34,2	3,34
2	93,2	8,57	536	507	32,5	34,6	3,69
3	96,2	9,17	545	503	32,7	35,5	3,77
4	95,3	9,07	542	515	32,6	35,3	3,83
5	95,4	8,65	534	501	32,4	34,8	3,60
6	93,3	8,50	531	503	32,0	34,6	3,49
НСР ₀₅	4,4	0,38	22	18	1,0	1,7	0,26

Примечание: варианты опыта – см. таблицу 1.

Table 2
Elements of crop structure and biological yield of spring wheat (2017–2019)

Option	Plants height, cm	Ear length, cm	The number of stems, pcs/m ²		Number of grains per ear, pcs.	Weight of 1000 grains, g	Biological yield, t/ha
			Total	Productive			
1	93.2	8.55	527	483	30.8	34.2	3.34
2	93.2	8.57	536	507	32.5	34.6	3.69
3	96.2	9.17	545	503	32.7	35.5	3.77
4	95.3	9.07	542	515	32.6	35.3	3.83
5	95.4	8.65	534	501	32.4	34.8	3.60
6	93.3	8.50	531	503	32.0	34.6	3.49
LSD ₀₅	4.4	0.38	22	18	1.0	1.7	0.26

Note: experience options – see table 1.

Таблица 3
Численность азоттрансформирующих микроорганизмов, содержание азота в почве, отдельные показатели качества зерна

Вариант	NO ₃ + NH ₄ , мг/кг	N _{нр} , мг/кг	Азоттрансформирующие, млн КОЕ/г	Белок, %	Натура, г/л
1	19,6 ± 0,8	37,6 ± 2,9	27,8 ± 3,2	14,7 ± 0,26	732 ± 23
2	20,6 ± 1,1	38,7 ± 2,6	28,1 ± 6,8	14,9 ± 0,37	740 ± 17
3	21,1 ± 0,9	39,5 ± 3,4	29,6 ± 4,6	15,7 ± 0,39	733 ± 29
4	22,8 ± 1,3	42,6 ± 3,8	36,7 ± 3,9	15,3 ± 0,40	739 ± 14
5	21,6 ± 1,1	41,3 ± 3,3	31,2 ± 2,8	15,1 ± 0,29	735 ± 30
6	23,5 ± 0,8	38,5 ± 2,8	24,2 ± 1,7	15,1 ± 0,28	718 ± 21

Примечание: варианты опыта – см. таблицу 1.

Table 3
Number of nitrogen-transforming microorganisms, nitrogen content in the soil, individual indicators of grain quality

Option	NO ₃ + NH ₄ , mg/kg	N _{nr} , mg/kg	Nitrogen-transforming, million CFU/g	Protein, %	Nature, g/l
1	19.6 ± 0.8	37.6 ± 2.9	27.8 ± 3.2	14.7 ± 0.26	732 ± 23
2	20.6 ± 1.1	38.7 ± 2.6	28.1 ± 6.8	14.9 ± 0.37	740 ± 17
3	21.1 ± 0.9	39.5 ± 3.4	29.6 ± 4.6	15.7 ± 0.39	733 ± 29
4	22.8 ± 1.3	42.6 ± 3.8	36.7 ± 3.9	15.3 ± 0.40	739 ± 14
5	21.6 ± 1.1	41.3 ± 3.3	31.2 ± 2.8	15.1 ± 0.29	735 ± 30
6	23.5 ± 0.8	38.5 ± 2.8	24.2 ± 1.7	15.1 ± 0.28	718 ± 21

Note: experience options – see table 1.

Проведенный регрессионный анализ показал, что между содержанием легкогидролизуемого азота и количеством азоттрансформирующей микрофлоры существует статистически значимая умеренно сильная связь – коэффициент корреляции $r = 0,88$ ($p < 0,05$), между суммой аммиачного и нитратного азота и микрофлорой связь также умеренно сильная $r = 0,63$, но $p > 0,05$.

Применение биопрепарата ЖФБ положительно отразилось на отдельных показателях качества зерна яровой пшеницы: отмечали увеличение содержания белка и напухлости зерна (таблица 3). Достоверное повышение содержания белка наблюдали в вариантах с обработкой семян перед посевом 1-процентным раствором ЖФБ и при совмещении данного приема с некорневой обработкой. Качество зерна пшеницы определяется по ГОСТ 9383-16, согласно которому по содержанию белка в пшенице зерно всех вариантов опыта можно отнести к I классу (не менее 14,5 %), но по натуре зерна – только к III (730–750 г/л).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, проведенные полевые опыты с различными способами применения биопрепарата ЖФБ на посевах яровой пшеницы показали наибольшую эффективность совмещения приемов обработки: предпосевная обработка семян 1-процентным раствором ЖФБ + двукратная некорневая обработка вегетирующих растений. Данный технологический прием способствовал достоверному приросту урожайности зерна на 12,2 %, увеличению продуктивных стеблей на 6,6 %, числа зерен в колосе на 1,8 шт., повышению содержания белка в зерне на 0,6 %. Внесение ЖФБ рассмотренными технологическими приемами способствовало повышению содержания азоттрансформирующей микрофлоры в почве и, как следствие, улучшению азотного питания растений пшеницы, между которыми выявлена положительная корреляционная зависимость.

Библиографический список

1. Зюкин Д. А. Оценка устойчивости урожаев зерна по различным видам в России // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2018. Т. 7. № 4 (25). С. 113–115.
2. Hatfield J. L., Beres B. L. Yield Gaps in Wheat: Path to Enhancing Productivity // *Frontiers in Plant Science*. 2019. No. 10. P. 1603. DOI: 10.3389/fpls.2019.01603.
3. В 2019 году валовой сбор зерна всех видов составит порядка 120 млн тонн [Электронный ресурс] // Газета «Агро-Новости» от 02.12.2019 г. URL: <https://agro-bursa.ru/gazeta/obzor-rynka-zerna/2019/12/02/obzor-rynka-zerna-pshenicy-muki.html>. (дата обращения: 25.02.2020).
4. Медведева А. Европа: большой урожай зерна и очень низкие цены. [Электронный ресурс] // Агропромышленный портал АГРОХХИ. URL: <https://www.agroxxi.ru/mirovye-agronovosti/evropa-bolshoi-urozhai-zerna-i-ochen-nizkie-ceny.html> (дата обращения: 25.02.2020).
5. Про урожай зерновых 2019 (предварительные итоги) [Электронный ресурс] // AFTERSHOCK. URL: <https://desktop.aftershock.news/?q=node/780594> (дата обращения: 26.02.2020).
6. Дятловская Е. Доля продовольственной пшеницы нового урожая оценивается в 79 % [Электронный ресурс] // Агроинвестор: [сайт]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/32233-dolya-prodovolstvennoy-pshenitsy-novogo-urozhaya-otsenivaetsya-v-79> (дата обращения: 26.02.2020).
7. Hassan T. U., Bano A. Role of carrier-based biofertilizer in reclamation of saline soil and wheat growth // *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2015. No. 61 (12). Pp. 1719–1731. DOI:10.1080/03650340.2015.1036045.
8. Платонычева Ю. И., Полякова Н. В., Володина Е. Н. Изменение продуктивности яровой пшеницы и содержания элементов питания в темно-серой лесной почве при использовании различных форм удобрений // *Аграрная наука Северо-Востока*. 2015. № 1 (44). С. 41–46.
9. Сабирова Т. П., Сабиров Р. А. Влияние биопрепаратов на продуктивность сельскохозяйственных культур // *Вестник АПК Верхневолжья*. 2018. № 3 (43). С. 18–22.
10. Пашкова Г. И., Кузьминых А. Н. Влияние растворов молочной сыворотки и стимуляторов роста на урожайность и качество зерна яровой пшеницы // *Аграрная наука Северо-Востока*. 2016. № 2 (51). С. 9–14.
11. Мельникова О. В., Мажуго Т. М. Влияние Тетрафлекса и Альбита на урожайность и качество зерна яровой пшеницы // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. № 3-1. С. 6–10.
12. Муравьев А. А. Зависимость урожайности яровой пшеницы от обработки биопрепаратом // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2019. № 3 (23). С. 142–147.
13. Демина Е. А., Кинчаров А. И., Муллаянова О. С., Таранова Т. Ю., Чекмасова К. Ю. Влияние современных препаратов для обработки семян и микроудобрений на продуктивность сортов мягкой пшеницы // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2019. № 10-1 (37). С. 132–137. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11621.
14. Иванченко Т. В., Игольникова И. С. Влияние регуляторов роста на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2018. № 1 (49). С. 101–108. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-02-101-108.
15. Рабинович Г. Ю., Смирнова Ю. Д., Васильева Е. А., Фомичева Н. В. Инновационная технология для решения проблем агроэкологии // *Региональная экология*. 2015. № 6 (41). С. 7–15.
16. Рабинович Г. Ю., Ковалев Н. Г., Смирнова Ю. Д. Применение новых биоудобрений и биопрепаратов при возделывании яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и картофеля (*Solanum tuberosum* L.) // *Сельскохозяйственная биология*. 2015. Т. 5. № 50. С. 665–672. DOI: 10.15389/agrobiolgy.2015.5.665rus.

17. Рабинович Г. Ю., Смирнова Ю. Д. Современные биопрепараты в возделывании сельскохозяйственных культур // Инновационные агро- и биотехнологии в адаптивно-ландшафтном земледелии на мелиорированных землях: материалы международной научно-практической конференции. Тверь, 2016. С. 78–82.

18. Babin D., Deubel A., Jacquiod S., Sorensen S. J., Geistlinger J., Grosch R., Smalla K. Impact of long-term agricultural management practices on soil prokaryotic communities // *Soil Biology and Biochemistry*. 2019. Vol. 129. Pp. 17–28. DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.11.002.

19. Pishchik V. N., Vorobyev N. I., Moiseev K. G., Sviridova O. V., Surin V. G. Influence of *Bacillus subtilis* on the physiological state of wheat and the microbial of community of the soil under different rates of nitrogen fertilizers // *Eurasian soil science*. 2015. Vol. 48. No. 1. Pp. 77–84. DOI: 10.1134/S1064229315010135.

Об авторах:

Галина Юрьевна Рабинович¹, доктор биологических наук, профессор, директор ВНИИМЗ – филиала ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», ORCID 0000-0002-5060-6241, AuthorID 111233; +7 (4822) 37-85-44, vniimz@list.ru
Юлия Дмитриевна Смирнова¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела биотехнологий ВНИИМЗ – филиала ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», ORCID 0000-0003-2435-2089, AuthorID 605598; +7 915 700-15-38, ulayad@yandex.ru

Наталья Викторовна Фомичева¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела биотехнологий ВНИИМЗ – филиала ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», ORCID 0000-0002-2272-7767, AuthorID 111239; +7 910 841-85-41, nyfomi@mail.ru

¹ ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева», Москва, Россия

Research of various technological methods of application of a biological preparation of LPB on spring wheat

G. Yu. Rabinovich¹, Yu. D. Smirnova[✉], N. V. Fomicheva¹

¹ FRC “Soil Science Institute named after V. V. Dokuchaev”, Moscow, Russia

[✉]E-mail: ulayad@yandex.ru

Abstract. The purpose of the research was to determine the most effective technological method of applying the LPB biological preparation on spring wheat crops. **Research methodology and methods.** Studies were conducted on sod-podzolic soil in 2017–2019 in the Tver region. The composition of the LPB includes agronomically useful microflora (from $n \times 10^9$ to $n \times 10^{12}$ CFU/ml), physiologically active substances, a complex of macro- and micronutrients. The following technological techniques were studied: seed treatment before sowing, double foliar treatment of vegetating plants, and combining these techniques. **Results.** All the studied technological methods of application of LPB contributed to an increase in the yield of spring wheat grain. The highest yield on average for three years of research was obtained by combining the methods of seed treatment with a 1% solution of LPB and foliar treatment plants at a dose of 3 l/ha – 2.96 t/ha (in the control of 2.63 t/ha). The maximum yield is formed primarily by increasing the productivity of stems (95 %). In addition, the use of LPB in all research variants contributed to a significant increase in the number of grains in the ear by 1.2–1.9 PCs, there was a tendency to increase the mass of 1000 grains. Observed an increase in the nitrogen content in the soil in the variants with the introduction of LPB due to the activation of the nitrogen-transforming microflora, which is confirmed by correlations. The increase in nitrogen nutrition of wheat and the biochemical processes that take place in plants under the influence of LFB, led to an increase in the protein content of wheat grain. **Scientific novelty.** A new promising biological product of the LPB is proposed, for which the most effective agrotechnological method of application for spring wheat crops is selected, which allows to increase the yield of this crop, its quality, as well as improve the agrochemical and microbiological parameters of the soil.

Keywords: spring wheat, biological preparation LPB, seed treatment, foliar treatment, productivity, nitrogen-transforming microorganisms, quality.

For citation: Rabinovich G. Yu., Smirnova Yu. D., Fomicheva N. V. Issledovanie razlichnykh tekhnologicheskikh priemov primeneniya biopreparata ZhFB na yarovoy pshenitse [Research of various technological methods of application of a biological preparation of LPB on spring wheat] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. No. 05 (196). Pp. 20–26. DOI: ... (In Russian.)

Paper submitted: 25.03.2020.

References

- Zyukin D. A. Otsenka ustoychivosti urozhayev zerna po razlichnym vidam v Rossii [Assesment of the sustainability of harvests of grain crops in Russia] // *Azimuth of Scientific Researches: Economics and Management*. 2018. Vol. 7. No. 4 (25). Pp. 113–115. (In Russian.)
- Hatfield J. L., Beres B. L. Yield Gaps in Wheat: Path to Enhancing Productivity // *Frontiers in Plant Science*. 2019. No. 10. P. 1603. DOI: 10.3389/fpls.2019.01603.

3. V 2019 godu valovoy sbor zerna vsekh vidov sostavit poryadka 120 mln tonn [e-resource] [In 2019, the gross grain harvest of all types will be about 120 million tons] // Newspaper "AgroNovosti" from 02.12.2019. URL: <https://agro-bursa.ru/gazeta/obzor-rynka-zerna/2019/12/02/obzor-rynka-zerna-pshenicy-muki.html>. (appeal date: 25.02.2020). (In Russian.)
4. Medvedeva A. Evropa: bol'shoy urozhay zerna i ochen' nizkie tseny [e-resource] [Europe: large grain harvest and very low prices] // Agropromyshlennyy portal AGROXXI. URL: <https://www.agroxxi.ru/mirovye-agronovosti/evropa-bolshoi-urozhai-zerna-i-ochen-nizkie-ceny.html> (appeal date: 25.02.2020). (In Russian.)
5. Pro urozhay zernovykh 2019 (predvaritel'nye itogi) [e-resource] [About the grain harvest 2019 (preliminary results)] // AF-TERSHOCK. URL: <https://desktop.aftershock.news/?q=node/780594> (appeal date: 26.02.2020). (In Russian.)
6. Dyatlovskaya E. Dolya prodovol'stvennoy pshenitsy novogo urozhaya otsenivaetsya v 79 %. [e-resource] [The share of food wheat of the new crop is estimated at 79 %] // Agroiinvestor. URL: <https://www.agroiinvestor.ru/markets/news/32233-dolya-prodovol'stvennoy-pshenitsy-novogo-urozhaya-otsenivaetsya-v-79> (appeal date: 26.02.2020). (In Russian.)
7. Hassan T. U., Bano A. Role of carrier-based biofertilizer in reclamation of saline soil and wheat growth // Archives of Agronomy and Soil Science. 2015. No. 61 (12). Pp. 1719–1731. DOI:10.1080/03650340.2015.1036045.
8. Platonycheva Yu. N., Polyakova N. V., Volodina E. N. Izmenenie produktivnosti yarovoy pshenitsy i sodержaniya elementov pitaniya v temno-seroy lesnoy pochve pri ispol'zovanii razlichnykh form udobreniy [Change in productivity of spring wheat and content of nutritional elements of dark grey forest soil at using of different forms of fertilizers] // Agrarian Science of the Euro-North-East.. 2015. No. 1 (44). Pp. 41–46. (In Russian.)
9. Sabirova T. P., Sabirov R. A. Vliyanie biopreparatov na produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [The influence of biologies on productivity of agricultural crops] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2018. No. 3 (43). Pp. 18–22. (In Russian.)
10. Pashkova G. I., Kuzminykh A. N. Vliyanie rastvorov molochnoy syvorotki i stimulyatorov rosta na urozhaynost' i kachestvo zerna yarovoy pshenitsy [The effect of the solutions of whey and growth stimulators on productivity and quality of spring wheat grain] // Agrarian Science of the Euro-North-East.. 2016. No. 2 (51). Pp. 9–14. (In Russian.)
11. Mel'nikova O. V., Mazhugo T. M. Vliyanie Terraфлекса i Al'bита na urozhaynost' i kachestvo zerna yarovoy pshenitsy [Influence of TerraFlex and Albite on the yield and quality of spring wheat grain] // Bulletin Brynsk State Agrarian University. 2015. No. 3-1. Pp. 6–10. (In Russian.)
12. Muravyev A. A. Zavisimost' urozhaynosti yarovoy pshenitsy ot obrabotki biopreparatom [Dependence of spring wheat yield on processing of drug] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2019. No. 3 (23). Pp. 142–147. (In Russian.)
13. Demina E. A., Kincharov A. I., Mullanayanova O. S., Taranova T. Yu., Chekmasova K. Yu. Vliyanie sovremennykh preparatov dlya obrabotki semyan i mikrodobreniy na produktivnost' sortov myagkoy pshenitsy [Influence of modern preparation for seed treatment and microfertilizers on productivity of spring soft wheat varieties] // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2019. Vol. 10-1 (37). Pp. 132–137. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11621. (In Russian.)
14. Ivanchenko T. V., Igolnikova I. S. Vliyanie regulyatorov rosta na produktivnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenitsy v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya [The influence of growth regulators for productivity and quality of grain of winter wheat in the Lower Volga Region] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. No. 1 (49). Pp. 101–108. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-02-101-108. (In Russian.)
15. Rabinovich G. Yu., Smirnova Yu. D., Vasil'eva E. A., Fomicheva N. V. Innovatsionnaya tekhnologiya dlya resheniya problem agroekologii [Innovative technology to solve the problems of agroecology] // Regional ecology. 2015. No. 6 (41). Pp. 7–15. (In Russian.)
16. Rabinovich G. Yu., Kovalev N. G., Smirnova Yu. D. Primenenie novykh biudobreniy i biopreparatov pri vozdeleyvanii yarovoy pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) i kartofelya (*Solanum tuberosum* L.) [Application of new biofertilizers and biological products in the cultivation of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and potato (*Solanum tuberosum* L.)] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2015. Vol. 5. No. 50. Pp. 665–672. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.665rus. (In Russian.)
17. Rabinovich G. Yu., Smirnova Yu. D. Sovremennye biopreparaty v vozdeleyvanii sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Modern biologies in the cultivation of agricultural crops] // Innovatsionnye agro- i biotekhnologii v adaptivno-landshaftnom zemledelii na meliorirovannykh zemlyakh: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tver, 2016. Pp. 78–82. (In Russian.)
18. Babin D., Deubel A., Jacquiod S., Sorensen S. J., Geistlinger J., Grosch R., Smalla K. Impact of long-term agricultural management practices on soil prokaryotic communities // Soil Biology and Biochemistry. 2019. Vol. 129. Pp. 17–28. DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.11.002.
19. Pishchik V. N., Vorobyev N. I., Moiseev K. G., Sviridova O. V., Surin V. G. Influence of *Bacillus subtilis* on the physiological state of wheat and the microbial community of the soil under different rates of nitrogen fertilizers // Eurasian soil science. 2015. Vol. 48. No. 1. Pp. 77–84. DOI: 10.1134/S1064229315010135.

Authors' information:

Galina Yu. Rabinovich¹, doctor of biological sciences, professor, director of All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands – the branch of FRC "Soil Science Institute named after V. V. Dokuchaev", ORCID 0000-0002-5060-6241, AuthorID 111233, +7 4822 37-85-44, vniimz@list.ru

Yulia D. Smirnova¹, candidate of biological science, senior researcher department of biotechnology of All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands – the branch of FRC "Soil Science Institute named after V. V. Dokuchaev", ORCID 0000-0003-2435-2089, AuthorID 605598, +7 915 700-15-38, ulayad@yandex.ru

Natalya V. Fomicheva¹, candidate of biological science, senior researcher department of biotechnology of All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands – the branch of FRC "Soil Science Institute named after V. V. Dokuchaev", ORCID 0000-0002-2272-7767, AuthorID 605598, +7 910 841-85-41, nvfomi@mail.ru

¹ FRC "Soil Science Institute named after V. V. Dokuchaev"