

DOI 10.33952/2542-0720-2019-1-17-31-42

УДК 632:633.1

Асатурова А. М.¹, Томашевич Н. С.¹, Жевнова Н. А.¹, Кривошлыков К. М.²,
Хомяк А. И.¹, Козицын А. Е.¹, Дубяга В. М.¹, Сидорова Т. М.¹, Сидоров Н. М.¹,
Цыгичко А. А.¹, Бондарчук Е. Ю.¹

ЭКОЛОГИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ПШЕНИЦЫ НА ОСНОВЕ НОВЫХ ОРИГИНАЛЬНЫХ БИОФУНГИЦИДОВ

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»;

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур
имени В. С. Пустовойта»

Реферат. В виду ухудшающейся экологической ситуации и фитосанитарной нестабильности агробиоценозов, возникает острая необходимость экологизации сельскохозяйственного производства путем использования безопасных биопрепаратов для контроля численности вредных организмов. Поэтому цель исследований – изучение биологической и хозяйственной эффективности лабораторных образцов новых биофунгицидов в условиях широкомасштабных производственных испытаний для разработки комплексной экологизированной системы защиты зерновых культур от экономически значимых болезней. Для этого проведены полевые производственные испытания лабораторных образцов новых биофунгицидов, разработанных Всероссийским НИИ биологической защиты растений (Краснодар), в условиях Ростовской области, Ставропольского и Краснодарского края. Во всех хозяйствах исследуемой культурой была озимая пшеница по предшественнику озимая пшеница. После необходимых обработок проведены учеты поражения растений корневыми гнилями и желтой пятнистостью листьев. Биологическая эффективность лабораторных образцов против корневых гнилей в условиях Ставропольского края была на уровне 10,3–30,3 %, развитие желтой пятнистости было незначительным, урожайность при этом составила 51,9–54,0 ц/га. В условиях Краснодарского края защитное действие лабораторных образцов в отношении корневых гнилей составило 24,4–36,6 %, в отношении желтой пятнистости – 0–2,5 %, урожайность была на уровне 44,7–51,2 ц/га. Применение лабораторных образцов биофунгицидов в условиях юга России способствовало формированию высокого чистого дохода и уровня рентабельности выше, чем при применении химического эталона. В условиях Ростовской области биологическая эффективность в отношении корневых гнилей составила 22,7–65,6 %, урожайность при этом – 71,1–73,1 ц/га. Установлено, что применение лабораторных образцов новых биофунгицидов на основе штаммов *Bacillus subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 в технологии широкомасштабного возделывания озимой пшеницы не только способствует снижению поражаемости данной культуры экономически значимыми патогенами, но и демонстрирует экономическую эффективность их применения по сравнению с использованием химических препаратов.

Ключевые слова: биологическая защита, микробные препараты, *Bacillus subtilis*, экономическая эффективность.

Введение

Повсеместное ухудшение экологической ситуации и фитосанитарная нестабильность агробиоценозов достигают глобальных масштабов и вызывают негативный общественный резонанс. В решении проблем окружающей среды важное значение приобретает сельскохозяйственное производство, а именно такое приоритетное направление как защита растений от вредных организмов [1, 2].

Комплексы фитопатогенов, поражающих вегетативную часть растений, в том числе корневую систему, наносят значительный ущерб сельскохозяйственному производству. Так, патоккомплекс грибов рода *Fusarium* на озимой пшенице вызывает корневые и прикорневые гнили, увядания растений, контаминацию зерна токсинами (зеараленон, ниваленон, дезоксиниваленон и др.), что приводит к потерям урожая до 30–40 % и снижению его качества [3, 4]. А имеющий широкое распространение возбудитель желтой пятнистости листьев пшеницы (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler) может обеспечить потери зерна до 23–65 % [5].

Так как защита растений от болезней оказывает непосредственное влияние на почву, водоемы и населяющие их организмы, то при ее использовании должны применяться научно обоснованные приемы регуляции численности вредных объектов [1, 6].

Современные методы борьбы с болезнями растений основаны преимущественно на использовании химических пестицидов. Однако их применение способствует накоплению в почве и растениях токсичных действующих веществ, развитию резистентности в популяциях патогенов, а также воздействует на нецелевые объекты. Таким образом, существует потребность в поиске альтернативных путей защиты растений, которые обеспечат эффективный контроль численности патогенов, сводя при этом к минимуму негативные последствия для здоровья человека и окружающей среды [1, 2, 7, 8].

Одним из путей снижения пестицидного пресса на агроценозы, повышения качества и безопасности сельскохозяйственной продукции является применение биологических препаратов на основе микроорганизмов для защиты растений от болезней. Потенциальными агентами биоконтроля растительных патогенов могут быть микроорганизмы различных таксономических групп, объединенные общим названием PGPR (*Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* – ризобактерии, стимулирующие рост растений) [2, 9]. Они способны не только обеспечивать эффективную защиту растений, но и стимулировать их рост, развитие, индуцировать системную устойчивость и повышать фунгистатический потенциал почвы [10–12, 13].

Несмотря на видимые преимущества, биологический контроль сложно переходит от научно-исследовательских участков к фермерским полям. Для успешного внедрения биометода в производство необходимо понимание, что в основе таких средств находятся живые культуры микроорганизмов, способные взаимодействовать с растением, патогеном, микробным сообществом, чувствительные к условиям окружающей среды и требовательные к соблюдению технологии [1, 13, 14].

Цель исследований – изучение биологической и хозяйственной эффективности лабораторных образцов новых биофунгицидов в условиях широкомасштабных производственных испытаний для разработки комплексной экологизированной системы защиты зерновых культур от экономически значимых болезней.

Материалы и методы исследований

Объекты исследования – штаммы бактерий, являющиеся основой лабораторных образцов биофунгицидов для защиты озимой пшеницы от экономически значимых болезней. Микроорганизмы *Bacillus subtilis* BZR 336g, *B. subtilis* BZR 517 взяты из «Государственной коллекции энтомоакарифагов и микроорганизмов» ФГБНУ ВНИИБЗР (Уникальная научная установка «ГКЭМ» <http://ckp-rf.ru/>), реестровый номер УНУ 585858 [15, 16]. Лабораторные образцы биофунгицидов получены в лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ ВНИИБЗР по оригинальной методике [17, 18].

Испытания проводили в период 2015–2016 гг. в условиях Ростовской области (Сельскохозяйственный Производственный Кооператив (СПК) «Агрофирма (АФ) Новобатайская», Кагальницкий район, с. Новобатайское) и Ставропольского края (на производственной базе Акционерное общество (АО) «Верхнедубовское», Шпаковский район, п. Верхнедубовский), в 2016–2017 гг. – в условиях Краснодарского края (СПК «Скиф», Каневской район, ст. Придорожная). Во всех хозяйствах предшествующей культурой была озимая пшеница.

В условиях Ростовской области и Краснодарского края перед посевом проводили обработку семян лабораторными образцами биофунгицидов на основе штаммов бактерий *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517.

В СПК «АФ Новобатайская» общая площадь опыта составляла 2,27 га. На каждый вариант приходилось по 0,45 га соответственно. Почва – чернозем обыкновенный карбонатный. Норма высева семян озимой пшеницы сорта Таня – 220 кг/га. Повторность вариантов опыта трехкратная. В качестве химического эталона выступал «Максим Плюс», КС (дифенокназол, флудиоксонил). Биологическим эталоном был биофунгицид «Фитоспорин-М», Ж (*B. subtilis* 26 Д).

В АО «Верхнедубовское» общая площадь опыта составляла 43,2 га. На каждый вариант приходилось 7,2 га. Почва – чернозем обыкновенный малогумусный среднемошный. Норма высева семян озимой пшеницы сорта Трио – 230 кг/га. В качестве химического эталона применяли протравитель «Дивиденд Экстрим», КС, в качестве биологического эталона – «Алирин-Б», Ж (*B. subtilis* В-10 ВИЗР) в рекомендованных нормах применения. Опыт проводили однократно. С учетом запаса инфекции твердой головни на семенах озимой пшеницы, при обработке каждого варианта опыта по решению специалистов хозяйства дополнительно вносили половинную норму химического препарата «Дивиденд Экстрим», КС (дифенокназол, мефеноксам), норма расхода – 0,5 л/т/га.

В СПК «Скиф» общая площадь опыта составляла 6 га (по 1 га на каждый вариант). Почва – чернозем обыкновенный слабогумусный сверхмощный. Норма высева семян озимой пшеницы сорта Адель составляла 190–200 кг/га. В качестве химического эталона был использован химический фунгицид «Максим Плюс», КС. В рамках данного опыта испытывали не только лабораторные образцы биофунгицидов на основе штаммов бактерий *B. subtilis* BZR 336 g и *B. subtilis* BZR 517, но и их баковую смесь с регулятором роста «Бигус», ВР (калиевые соли гуминовых кислот). Повторность вариантов опыта однократная.

Биологические и химические эталоны выбраны по рекомендации хозяйства с учетом агроклиматических особенностей региона и ранее полученных сведений по эффективности препаратов. Агротехника опытов общепринятая. Норма расхода лабораторных образцов биофунгицидов на основе штаммов бактерий *B. subtilis* BZR 336 g и *B. subtilis* BZR 517 составляла 3 и 2 л/т соответственно.

Оценку результатов опыта осуществляли с учетом сложившихся погодных условий, так как они влияют на физиологические процессы в растениях, накопление инфекционного начала в почве и на работу самих биопрепаратов. По данным гидрометцентра России 2015 г. считался самым теплым в истории регулярных метеорологических наблюдений с 1891 г. [19]. Поэтому на период посева и начального роста (октябрь–ноябрь 2015 г.) приходился относительно теплый период. В Ростовской области при посеве средняя температура составила 7,8 °С и выпало 44 мм осадков. Перезимовка проходила при температуре от –4,2 до +3,2 °С, количество осадков варьировало от 36,3 до 85,7 мм. Весенне-летний период характеризовался неравномерным распределением осадков по месяцам. Начало весны было холодным с большим количеством осадков (69,7 мм), что, вероятно,

замедляло рост и развитие растений. Однако, в апреле среднемесячная температура возросла до 13 °С, количество осадков уменьшилось до 19,1 мм. Максимальное количество осадков пришлось на май – 186,7 мм, что, возможно, сказалось на развитии корневых гнилей. В летний период средняя температура находилась в пределах от 22,5 до 24,6 °С, месячное количество осадков составило 31,7–62,7 мм.

Первая декада 2016 г. в Ставропольском крае была холодной. Средняя температура в январе составила –3,2 °С, что в сочетании с высокой влажностью и минимальным количеством осадков сказалось на перезимовке растений. В весенне-зимний период среднемесячная температура составила 3,4–4,7 °С, влажность воздуха была ниже по сравнению с зимним – 74,1–75,3 %. Весенний период был засушливым, что оказало влияние на формирование корневой системы и зеленой массы растений, а также на формирование и распространенность инфекционного начала фитопатогенных грибов. В фазу колошения и созревания зерна среднемесячная температура в Ставропольском крае составляла 15,2 и 20,2 °С соответственно. Количество осадков возросло до 84,4–104,9 мм. Период созревания зерна протекал при средней температуре 22,3 °С, количество осадков составило 108,4 мм. Обильные осадки в летний период 2016 г. усложняли процесс уборки и способствовали распространению и развитию фузариоза колоса.

Для Краснодарского края характерно неравномерное распределение осадков в течение года. Осенний период 2016 г. был тёплым. Посев и начальные этапы вегетации озимой пшеницы проходили при температуре 9,8–11 °С, с суммарным количеством осадков 78,6–81,2 мм. Зимний период оказался относительно теплым – 0,2–7,1 °С. Средние температурные показатели не опускались ниже нуля. Январь отличался обильными осадками. Вероятно, такие условия стимулировали инфекционное начало в почве. Ранней весной 2017 г. средняя температура в условиях Краснодарского края была 8,5 °С, сумма осадков составила 28,8 мм. В мае температура выросла до 17,8 °С и выпало 61,9 мм осадков. В период формирования и созревания зерна озимой пшеницы сложились благоприятные условия: среднемесячная температура воздуха – 23,4 °С и обильные дожди – 171,9 мм осадков. К началу периода уборки средняя температура поднялась до 25,9 °С, месячное количество осадков уменьшилось до 41 мм.

Для определения эффективности обработок в течение вегетации проводили учеты корневых гнилей и листовых болезней. Учеты комплекса корневых гнилей осуществляли по общепринятой шкале оценки степени поражения злаков корневыми гнилями. Развитие листовых болезней учитывали визуально по площади поражения листа [5, 20].

Распространенность, развитие болезней и биологическую эффективность рассчитывали по формулам (1–3):

$$P = \frac{n \times 100}{N} \quad (1)$$

Где P – распространенность болезни, %;
n – число больных растений в варианте, шт.;
N – общее число растений в варианте.

$$R = \frac{\sum(a \times b) \times 100}{N \times K} \quad (2)$$

Где R – развитие болезни, %;
a – количество растений с одинаковым баллом поражения (b);
 \sum – сумма произведений a × b;
N – общее число растений в варианте;
K – высший балл шкалы учета.

$$C = \frac{100 \times (P - p)}{P} \quad (3)$$

Где С – биологическая эффективность, %;

P – развитие болезни в контроле, %;

p – развитие болезни в варианте, %.

Уборку урожая проводили после полного созревания зерна путем обмолота с последующим приведением данных к стандартной влажности и чистоте.

После уборки урожая зерна рассчитывали экономическую эффективность производства озимой пшеницы при разных вариантах обработки химическими и биологическими фунгицидами. Расчёты проводили на основании данных ФГБНУ ВНИИБЗР, Департамента цен и тарифов Краснодарского края с применением системы экономических показателей согласно отраслевым методическим рекомендациям [21, 22].

Математическую обработку опытных данных проводили с использованием многофакторного сравнительного теста Дункана (STATISTICA 13.2.) и стандартных статистических расчетов (Microsoft Excel). Статистическую обработку данных по урожайности производственных испытаний в Ставропольском и Краснодарском краях не осуществляли в связи с тем, что обмолот делянок проводился в один проход комбайна.

Результаты и их обсуждение

В условиях Ростовской области («АФ Новобатайская») распространенность корневых гнилей различной этиологии составляла 30,4 %, а развитие – 7,6 %. Защитное действие химического эталона «Максим Плюс», КС составляло 51,2 %, биологического эталона «Фитоспорин-М», Ж – 31,7 %. Обработка семян лабораторными образцами биофунгицидов на основе штаммов бактерий *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 обеспечивали защитное действие на уровне 36,6 и 24,4 % соответственно (таблица 1).

Таблица 1 – Эффективность применения биофунгицидов при выращивании озимой пшеницы сорта Тая («АФ Новобатайская», Ростовская область, 2015–2016 гг.)

Вариант опыта	Биологическая эффективность (%) против:		Урожайность озимой пшеницы, ц/га*	Сохраненный урожай зерна, %	Чистый доход, в расчете на 1 га, р.	Рентабельность (производственная), %
	комплекса корневых гнилей	желтой пятнистости листьев				
Контроль (без обработки)**	30,4/7,6	– /6,28	45,8 а	–	10522	35
«Максим Плюс», КС (химический эталон)	51,2	0,0	47,8 ab	4,4	11681	38
«Фитоспорин-М», Ж (биологический эталон)	31,7	5,3	48,8 ab	6,5	12161	39
Лабораторный образец биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 336g	36,6	0,0	51,2 b	11,9	14955	49
Лабораторный образец биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 517	24,4	2,5	44,7 а	0	9534	31

Примечание. * между вариантами, обозначенными одинаковыми буквами, при сравнении в пределах столбцов нет статистически достоверных различий по критерию Дункана при 95 % уровне вероятности; ** в контроле указаны распространенность, P, %/развитие, R, % болезни.

Урожайность озимой пшеницы в контрольном варианте находилась на уровне 45,8 ц/га. Максимальный сохраненный урожай зерна получен в варианте с

применением лабораторного образца на основе *B. subtilis* BZR 336g – 11,9 %. Кроме того, сохраненный урожай зерна отмечен при обработке семян биологическим (6,5 %) и химическим (4,4 %) эталонами, однако показатели урожайности пшеницы в данных вариантах по критерию Дункана достоверно не отличались по сравнению с контролем (см. таблицу 1).

По результатам экономического анализа максимальный чистый доход в расчете на 1 га посева пшеницы в условиях Ростовской области («АФ Новобатайская») был отмечен в варианте опыта с обработкой семян лабораторным образцом на основе *B. subtilis* BZR 336g – 14 955 р. Данный уровень доходности превышает показатели контрольного варианта на 42,1 % (таблица 1).

Распространенность естественного фона корневых гнилей различной этиологии в АО «Верхнедубовское» (Ставропольский край) составляла 93,9 %, а развитие – 43,2 %. Обработка растений рабочими растворами лабораторных образцов биофунгицидов обеспечивала биологическую эффективность от 10,3 до 30,3 %. Максимально эффективным оказался химический эталон «Дивиденд Экстрим», КС – 50,5 %. В варианте с применением биологического эталона «Алирин-Б», Ж биологическая эффективность составляла – 47,1 % (таблица 2).

Таблица 2 – Эффективность применения биофунгицидов при выращивании озимой пшеницы сорта Трио (АО «Верхнедубовское», Ставропольский край, 2015–2016 гг.)

Вариант опыта	Биологическая эффективность (%) против:		Урожайность озимой пшеницы, ц/га*	Сохраненный урожай зерна, %	Чистый доход, в расчете на 1 га, р.	Рентабельность (производственная), %
	комплекса корневых гнилей	желтой пятнистости листьев				
Контроль **	93,9/43,2	-/2,3*	46,2	–	15155	58
«Дивиденд Экстрим», КС (химический эталон)	50,5	0,9	49,0	6,1	17165	65
«Алирин-Б», Ж (биологический эталон)	47,1	0	56,8	22,9	23580	87
Лабораторный образец биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 336g	10,3	0	51,9	12,3	19678	74
Лабораторный образец биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 517	30,3	0	55,0	19,0	22281	84

Примечание. * между вариантами, обозначенными одинаковыми буквами, при сравнении в пределах столбцов нет статистически достоверных различий по критерию Дункана при 95 % уровне вероятности; ** в контроле указаны распространенность, Р, %/развитие, R, % болезни.

Развитие желтой пятнистости листьев в условиях Ставропольского края было несущественным – 2,3 %. Против этой болезни проводили обработку вегетирующих растений одним химическим фунгицидом во всех вариантах опыта. При этом биологическая эффективность была отмечена только при использовании химического эталона – 0,9 % (таблица 2).

По результатам полевых производственных испытаний во всех вариантах наблюдали увеличение урожайности озимой пшеницы от 49 до 56,8 ц/га по сравнению с контролем – 46,2 ц/га. Максимальная величина сохраненного урожая зерна отмечена в варианте с применением биологического эталона «Алирин-Б», Ж, она составляла 22,9 %. В варианте с применением лабораторного образца на основе *B. subtilis* BZR 336g величина сохраненного урожая зерна составляла 12,3 %, а в

варианте с применением *B. subtilis* BZR 517 – 19,0 %, что приближено к максимальному значению, полученному при использовании биологического эталона. Установлено, что химический эталон, обеспечивал минимальную величину сохраненного урожая зерна – 6,1 % (таблица 2).

В Ставропольском крае в технологии возделывания озимой пшеницы самые высокие экономические результаты – 23 580 р. на 1 га чистого дохода (производственная рентабельность – 87 %) показало применение биологического эталона при обработке семян. Применение лабораторного образца на основе *B. subtilis* BZR 517 также способствовало формированию высокого чистого дохода – 22 281 руб. на 1 га (производственная рентабельность 84 %) (таблица 2).

В условиях Краснодарского края (СПК «Скиф») распространенность корневых гнилей различной этиологии была на уровне 80 %, а развитие – 27,5 %. Защитный эффект применения лабораторных образцов биофунгицидов на основе штаммов *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 составлял 50 и 34,1 % соответственно. Биологическая эффективность лабораторных образцов на основе штаммов бактерий *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 в смеси с регулятором роста «Бигус», ВР была на уровне 22,7–65,9 %. Следует отметить, что защитное действие в вариантах на основе *B. subtilis* BZR 336g (50 %) и *B. subtilis* BZR 336g + регулятор роста «Бигус», ВР (65,9 %) значительно превышало данный показатель при использовании химического эталона «Максим Плюс», КС – 43,2 % (таблица 3).

Таблица 3 – Эффективность применения биофунгицидов при выращивании озимой пшеницы сорта Адель (СПК «Скиф», Краснодарский край, 2016–2017 гг.)

Вариант опыта	Биологическая эффективность против комплекса корневых гнилей, %	Урожайность озимой пшеницы, ц/га	Сохраненный урожай зерна, %	Чистый доход, в расчете на 1 га, р.	Рентабельность (производственная), %
Контроль*	80/27,5	69,0	–	34064	125
«Максим Плюс», КС (химический эталон)	43,2	79,0	10,0	35898	104
Лабораторный образец биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 336g	50,0	72,0	3,0	34939	120
Лабораторный образец биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 517	34,1	72,4	3,4	35709	124
Баковая смесь лабораторного образца биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 336g + регулятор роста «Бигус», ВР	65,9	73,1	4,1	35729	122
Баковая смесь лабораторного образца биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 517 + регулятор роста «Бигус», ВР	22,7	71,1	2,1	34550	120

Примечание. * в контроле указаны распространенность Р, %/развитие, Р, % корневых гнилей.

Продуктивность культуры в контрольном варианте составляла 69 ц/га. Сохраненный урожай зерна при применении лабораторных образцов биофунгицидов сформировался на уровне 3,0–3,4 %, а смеси лабораторных образцов с препаратом «Бигус», ВР – 2,1–4,1 % (таблица 3).

Максимальная величина сохраненного урожая зерна получена при использовании химического эталона «Максим Плюс», КС – 10 ц/га, однако в связи с высокой стоимостью применяемых препаратов его стоимость в расчете на 1 га была значительно нивелирована. Прирост чистого дохода к контролю в этом варианте составил 1834 р., что практически приравнивает его к полученному экономическому

результату в вариантах опытов с применением лабораторных образцов биофунгицидов – прирост чистого дохода от 1645 до 1665 р./га (см. таблицу 3). Более того, оценка уровня эффективности расходования финансовых ресурсов показала преимущества именно лабораторных образцов биофунгицидов. Так, производственная рентабельность двукратного применения лабораторного образца на основе *B. subtilis* BZR 517 сформировалась на уровне 124 % (чистый доход на 1 га 35 709 р.), а баковой смеси на основе штамма *B. subtilis* BZR 336g и регулятора роста «Бигус», ВР – на уровне 122 % (35 729 р./га).

Выводы

В условиях Ростовской области максимальный сохраненный урожай зерна (11,9 %) и производственная рентабельность (49 %) получены в варианте с обработкой семян лабораторным образцом биофунгицида на основе *B. subtilis* BZR 336g. В условиях Ставропольского края – при применении биологического эталона «Алирин-Б», Ж (*B. subtilis* В-10 ВИЗР) – 22,9 и 87 % соответственно. Лабораторный образец биофунгицида на основе *B. subtilis* BZR 517 обеспечил хозяйственную и экономическую эффективность на его уровне – 19,0 и 84 %. При этом рентабельность производства зерна в контроле составила 58 %. В условиях Краснодарского края максимальный сохраненный урожай получен в опытах с добавлением регулятора роста «Бигус», ВР (калиевые соли гуминовых кислот), однако наибольшая производственная рентабельность – 124 % получена при применении лабораторного образца биофунгицида на основе *B. subtilis* BZR 517 без добавления стимулирующих рост растений средств.

Таким образом, применение лабораторных образцов новых биофунгицидов на основе штаммов бактерий *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 в технологии широкомасштабного возделывания озимой пшеницы не только способствовало снижению поражаемости данной культуры болезнями, но и обеспечивало величину сохраненного урожая, оправданную с точки зрения рентабельности производства. В целом, исследования демонстрируют экономическую эффективность использования экологизированной защиты зерновых культур с применением биопрепаратов в сравнении с системами земледелия, основанными на обработке семян и растений только химическими средствами.

Исследования выполнены согласно Государственного задания № 075-00376-19-00 Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме №0686-2019-0013.

Литература

1. Heydari A., Pessarakli M. A review on biological control of fungal plant pathogens using microbial antagonists // Journal of biological sciences. 2010. Vol. 10. P. 273–290 DOI: 10.3923/jbs.2010.273.290.
2. Азизбекян Р. Р. Использование споробразующих бактерий в качестве биологических средств защиты растений // Биотехнология. 2013. № 1. С. 69–77.
3. Выприцкий А. С., Плахотник В. В., Выприцкая А. А. Возбудители особо опасных болезней подсолнечника в ЦЧЗ // Материалы международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем». Вып. 4. Краснодар, 2006. С. 134–136.
4. Hajjhasani M., Hajjhasani A., Khaghani S. Incidence and distribution of seed-borne fungi associated with wheat in Markazi Province, Iran // Afric. J. of Biotechnol. 2012. No. 23. P. 6290–6295. DOI: 10.5897/AJB11.3838.
5. Волкова Г. В., Кремнева О. Ю., Андропова А. Е., Надыкта В. Д. Желтая пятнистость листьев пшеницы (возбудитель *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler). Монография. М.: ООО «АМА-ПРЕСС», 2012. 108 с.
6. Долженко В. И. Значение агротехнического метода в обеспечении фитосанитарного благополучия агроценозов // Материалы международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем». Вып. 3. Краснодар, 2005. С. 14.
7. Emmert E. A. B., Handelsman J. Biocontrol of plant disease: a (Gram-) positive perspective // FEMS Microbiol Lett. 1999. No. 171 (1). P. 1–9. DOI: 10.1111/j.1574-6968.1999.tb13405.x.

8. Штерншис М. В. Тенденции развития биотехнологии микробных средств защиты растений в России // Вестник Томского государственного университета. Серия «Биология». 2012. № 2 (18) P. 92–100.
9. Pal K., McSpadden G. Biological control of plant pathogens // The Plant Health instructor. 2006. No. 2. P. 1117–1142. DOI: 10.1094/PHI-A-2006-1117-02.
10. Barriuso J., Solano B. R., Lucas J. A., Probanza Loba A., Garcia-Villaraca A., Gutierréz Mannero F. J. Ecology, genetic diversity and screening strategies of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) // Journal of plant nutrition. 2008. No. 3. P. 1–17. DOI: 10.1002/9783527621989.ch1.
11. Хайруллин Р. М., Егоршина А. А., Лукьянцев М. А., Уразбахтина Н. А., Иргалина Р. Ш., Сахабутдинова Р. М. Биологические особенности эндофитных штаммов *Bacillus subtilis* как перспективной основы новых биопрепаратов // Аграрная Россия. 2011. № 1. С. 49–53.
12. Comby M., Gacoimb M., Robineaub M., Rabenoelinac F., Ptasb S., Duponta J., Profizib C., Baillieulc F. Screening of wheat endophytes as biological control agents against *Fusarium* head blight using two different in vitro tests // Microbiological Research. 2017. No. 202. P. 11–20. DOI: 10.1016/j.micres.2017.04.014.
13. Hassani M. A., Durán P., Hacquard S. Microbial interactions within the plant holobiont // Microbiome. 2018. No. 6. P. 58. DOI: 10.1186/s40168-018-0445-0.
14. Zhao Y., Selvaraj J. N., Xing F., Zhou L., Wang Y., Song H., Tan X., Sun L., Sangare L., Folly Y. M., Liu Y. Antagonistic action of *Bacillus subtilis* strain SG6 on *Fusarium graminearum* // PLoS ONE. 2014. No. 9 (3). DOI: 10.1371/journal.pone.0092486.
15. Асатурова А. М., Жевнова Н. А., Хомяк А. И., Томашевич Н. С., Павлова М. Д., Дубяга В. М., Козицын А. Е., Сидорова Т. М. Эффективность применения новых биопрепаратов на основе штаммов бактерий *Bacillus subtilis* против фузариоза озимой пшеницы на фоне искусственного заражения // Наука Кубани. 2016. № 1. С. 9–14.
16. Асатурова А. М., Жевнова Н. А., Кремнева О. Ю., Астапчук И. Л., Волкова Г. В. Изучение реакции сортов озимой пшеницы на действие новых бактериальных агентов для разработки методов биологического контроля желтой пятнистости листьев // Наука Кубани. 2017. № 4. С. 15–20.
17. Асатурова А. М., Хомяк А. И., Томашевич Н. С., Жарникова М. Д., Жевнова Н. А., Дубяга В. М., Козицын А. Е. Физиологические признаки бактерий р. *Bacillus* – перспективных продуцентов биофунгицидов // Наука Кубани. 2014. № 1. С. 12–15.
18. Хомяк А. И., Асатурова А. М. Разработка технологии получения нового экологически безопасного биофунгицида на основе бактерий *Bacillus subtilis* для защиты озимой пшеницы от экономически значимых болезней // Молодой Ученый. 2015. № 9–2 (89). С. 82–83.
19. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год. М., 2016. 68 с.
20. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве // Под ред. Долженко В. И. СПб.: ВИЗР, 2009. 379 с.
21. Кривошлыков К. М. Методические рекомендации по оценке экономической эффективности производства масличных культур в производственных посевах и полевых опытах. Краснодар, 2017. 19 с.
22. Оглоблин Е. С., Свободин В. А., Санду И. С. Методические рекомендации по определению эффективности сельскохозяйственного производства. М.: ВНИИЭСХ, 1996. 68 с.

References

1. Heydari A., Pessaraki M. A review on biological control of plant pathogens using microbial antagonists // Journal of biological sciences. 2010. Vol. 10. P. 273–290. DOI: 10.3923/jbs.2010.273.290.
2. Azizbekyan R. R. Application of sporiferous bacteria as agents for plant biological protection // Biotekhnologiya (Biotechnology). 2013. No. 1. P. 69–77.
3. Vypritsky A. S., Plakhotnik V. V., Vypritskaya A. A. The causative agents of especially dangerous diseases of sunflower in TsChZ // Materials of the International scientific-practical conference “Biological plant protection as the basis of ecosystem stabilization”. Vol. 4. Krasnodar, 2006. P. 134–136.
4. Hajihassani M., Hajihassani A., Khaghani S. Incidence and distribution of seed-borne fungi associated with wheat in Markazi Province, Iran // Afric. J. of Biotechnol. 2012. No. 23. P. 6290–6295. DOI: 10.5897/AJB11.3838.
5. Volkova G. V., Kremneva O. Yu., Andronova A. E., Nadykta V. D. Yellow spot of wheat leaves (pathogen *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler). Monograph, Moscow: AMA-PRESS, 2012. 108 p.
6. Dolzhenko V. I. The value of the agrotechnical method in ensuring the phytosanitary welfare of agrocenoses // Materials of the Internatoinal scientific-practical conference “Biological plant protection as the basis of ecosystem stabilization”. No. 3. Krasnodar, 2005. P. 14.
7. Emmert E. A. B., Handelsman J. Biocontrol of plant disease: a (Gram-) positive perspective // FEMS Microbiol Lett. 1999. No. 171 (1). P. 1–9. DOI: 10.1111/j.1574-6968.1999.tb13405.x.
8. Shternshis M. V. Trends of microbial pesticides biotechnology developed for plant protection in Russia // Tomsk State University Journal of Biology. 2012. Vol. 2. No. 2 (18). P. 92–100.

9. Pal K., McSpadden G. Biological control of plant pathogens // The Plant Health instructor. 2006. No. 2. P. 1117–1142. DOI: 10.1094/PHI-A-2006-1117-02.
10. Barriuso J., Solano B. R., Lucas J. A., Probanza Loba A., Garcia-Villaraca A., Gutierrez Mannero F. J. Ecology, genetic diversity and screening strategies of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). 2008. No. 3. P. 1–17. DOI: 10.1002/9783527621989.ch1.
11. Khairullin R. M., Egorshina A. A., Lukyantsev M. A., Urazbaktina N. A., Irgalina R. Sh., Sakhabutdinova R. M. Biological features of *Bacillus subtilis* endophytic strains as the perspective base of new biopreparations // Agrarnaya Rossiya (Agrarian Russia). 2011. No. 1. P. 49–53.
12. Comby M., Gacoin M., Robineau M., Rabenoelina F., Ptas S., Dupont J., Profizi C., Baillieux F. Screening of wheat endophytes as biological control agents against *Fusarium* head blight using two different *in vitro* tests // Microbiological Research. 2017. No. 202. P. 11–20. DOI: 10.1016/j.micres.2017.04.014.
13. Hassani M. A., Durán P., Hacquard S. Microbial interactions within the plant holobiont // Microbiome. 2018. No. 6. P. 58. DOI: 10.1186/s40168-018-0445-0.
14. Zhao Y., Selvaraj J. N., Xing F., Zhou L., Wang Y., Song H., Tan X., Sun L., Sangare L., Folly Y. M., Liu Y. Antagonistic action of *Bacillus subtilis* strain SG6 on *Fusarium graminearum* // PLoS ONE. 2014. No. 9 (3). DOI: 10.1371/journal.pone.0092486.
15. Asaturova A. M., Zhevnova N. A., Khomyak A. I., Tomashevich N. S., Pavlova M. D., Dubyaga V. M., Kozitsyn A. E., Sidorova T. M. Effectiveness of new biopreparations based on strains of *Bacillus subtilis* against *Fusarium* in fall in case of its artificial infection // Science of Kuban. 2016. No. 1. P. 9–14.
16. Asaturova A. M., Zhevnova N. A., Kremneva O. Yu., Astapchuk I. L., Volkova G. V. Response of winter wheat cultivars to action new bacterial agents for the development of methods of biological control of tan spot // Science of Kuban. 2017. No. 4. P. 15–20.
17. Asaturova A. M., Khomyak A. I., Tomashevich N. S., Zhamikova M. D., Zhevnova N. A., Dubyaga V. M., Kozitsyn A. E. Physiological signs of perspective bacteria of the genus *Bacillus* – producers of biofungicides // Science of Kuban. 2014. No. 1. P. 12–15.
18. Khomyak A. I., Asaturova A. M. Development of technology for obtaining an environmentally friendly biofungicide based on bacteria *Bacillus subtilis* to protect winter wheat from economically significant diseases // Young Scientist. 2015. No. 9–2 (89). P. 82–83.
19. Report on climate features on the territory of the Russian Federation for 2015. Moscow, 2016. 68 p.
20. Guidelines for registration tests of fungicides in agriculture // Ed. by Dolzhenko V. I. Saint-Petersburg: VIZR, 2009. 379 p.
21. Krivoshlykov K. M. Guidelines for assessing the economic efficiency of oilseed production in industrial crops and field experiments. Krasnodar, 2017. 19 p.
22. Ogloblin E. S., Svobodin V. A., Sandu I. S. Guidelines for determining the efficiency of agricultural production. Moscow: All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (VNIIESH), 1996. 68 p.

UDC 632:633.1

Asaturova A. M., Tomashevich N. S., Zhevnova N. A.,
Krivoshlykov K. M., Homyak A. I., Kozitsyn A. E., Dubyaga V. M., Sidorova T. M.,
Sidorov N. M., Tsygichko A. A., Bondarchuk E. Yu.

GREEN WHEAT PROTECTION SYSTEM BASED ON NEW ORIGINAL BIOFUNGICIDES

Summary. Due to the deteriorating ecological situation and the phytosanitary instability of agrobiocenoses, there is an urgent need to green the agricultural production by using safe biopreparations to control the number of pests. The aim of the research was to study the biological and economic efficacy of the new biofungicides (laboratory samples) in the context of large-scale production tests for the development of an integrated environmental system to protect crops against economically significant diseases. So, we carried out field production tests of the new biofungicides developed by All-Russian Research Institute of Plant Protection (Krasnodar) under the conditions of Stavropol Krai, Rostov Region, and Krasnodar Krai. The studied crop was winter wheat sown after winter wheat as a preceding crop. After the necessary treatments, plants damages with root rot and yellow leaf spot were identified. The biological efficacy of laboratory samples against root rot in Stavropol Krai was at the level of 10.3–30.3 %, the development of yellow spot was insignificant, and the yield was 51.9–54.0 cwt/ha. In Krasnodar Krai, the protective effect of laboratory samples against root rot was 24.4–36.6 %, against yellow spot 0–2.5 %, yield reached 44.7–51.2 cwt/ha. The use of laboratory samples of biofungicides under the

*conditions of southern Russia contributed to the high net income; the level of profitability was higher compared to the chemical standard. Under the conditions of Rostov region, the biological efficacy against root rot was 22.7–65.6 %, while the yield was 71.1–73.1 cwt/ha. The application of the laboratory samples of biofungicides based on new *B. subtilis* BZR 336g and *B. subtilis* BZR 517 in the technology of large-scale winter wheat cultivation did not only reduce the damage of this crop by economically important pathogens but also demonstrated the economic efficacy of their use compared to chemical preparation.*

Keywords: *biological protection, microbial preparations, *Bacillus subtilis*, economic efficiency of biological protection.*

Асатурова Анжела Михайловна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: biocontrol-vniibzr@yandex.ru.

Томашевич Наталья Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: tom-s2@yandex.ru.

Жевнова Наталья Андреевна, научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: tiamat-7@mail.ru.

Кривошлыков Константин Михайлович, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией экономики ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта»; 350038, Россия, г. Краснодар, ул. им. Филатова, 17; e-mail: lab.econ@mail.ru.

Хомяк Анна Игоревна, научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: homyakai87@mail.ru.

Козицын Александр Евгеньевич, младший научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: kozicinalexander@gmail.com.

Дубяга Валентина Михайловна, научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: dubyaga608@mail.ru.

Сидорова Татьяна Михайловна, старший научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: 0166505@mail.ru.

Сидоров Никита Михайлович, младший научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: elisitor@mail.ru.

Цыгичко Александра Александровна, младший научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: 23612361@inbox.ru.

Бондарчук Елена Юрьевна, младший научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: alena_fox95@mail.ru.

Asaturova Anzhela Mikhailovna, Cand. Sc. (Biol.), head of laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: biocontrol-vniibr@yandex.ru.

Tomashevich Natalia Sergeevna, Cand. Sc. (Agr.), senior scientist of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: toms2@yandex.ru.

Zhevnova Natalia Andreevna, researcher of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: tiamat-7@mail.ru.

Krivoshlykov Konstantin Mikhailovich, Cand. Sc. (Econ.), leading researcher, head of the laboratory of economics FSBSI “All-Russian Research Institute of Oil crops by V. S. Pustovoi”; 17, Filatov str., Krasnodar, 350038, Russia; e-mail: lab.econ@mail.ru.

Homyak Anna Igorevna, researcher of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: homyakai87@mail.ru.

Kozitsyn Aleksandr Evgenievich, junior scientist of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: kozicinalexander@gmail.com.

Dubyaga Valentina Mikhailovna, researcher of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: dubyaga608@mail.ru.

Sidorova Tatyana Mikhailovna, Cand. Sc. (Biol.), senior scientist of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: 0166505@mail.ru.

Sidorov Nikita Mikhailovich, junior scientist of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: elisitor@mail.ru.

Tsygichko Aleksandr Aleksandrovich, junior scientist of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI «All-Russian Research Institute of Plant Protection»; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: 23612361@inbox.ru.

Bondarchuk Elena Yurievna, junior scientist of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: alena_fox95@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 11.01.2019.
Дата принятия к печати – 30.01.2019.*