



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-10-1>

УДК: 633.11:632.9

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ И ФУНГИЦИДОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

Власенко Н.Г., (✉)Кулагин О.В., Кудашкин П.И., Иванова И.А.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉)e-mail: oleg61@yandex.ru

Представлены данные по эффективности использования химических, грибных и бактериальных фунгицидов для обработки семян и посевов яровой мягкой пшеницы с целью ограничения вредоносности основных болезней. Исследования проведены в 2020–2022 гг. на черноземе выщелоченном лесостепи Приобья Новосибирской области. В борьбе с корневыми гнилями наиболее эффективным оказался химический протравитель Скарлет и его смесь с Витапланом. Показано, что биопрепараты хотя и уступают по эффективности химическим, но они действуют более длительно и дольше защищают растение от болезни. Протравливание семян химическим препаратом снизило развитие листовых болезней на 53–58%, биопрепаратами – на 34–41%. Из обработок по вегетации наиболее эффективным оказался Титул 390 – 60–98%. Эффективность биопрепаратов составила 42–64% в годы умеренного развития болезней. В годы сильного развития септориоза или мучнистой росы эффективность биопрепаратов не превышала 22–30%. Биопрепараты оказывали ростостимулирующее действие на растения: увеличивали площадь флагового листа на 22–39%. При обработке семян наблюдали тенденцию роста числа колосков, зерен в колосе и массы зерна с колоса. Применение препаратов по вегетации повышало достоверно длину колоса на 16–28%, число колосков – на 15–20, зерен – на 24–31, массу зерна с колоса – на 33–51%. При протравливании семян наибольшую прибавку урожайности (0,15 т/га) обеспечивал Скарлет, при использовании смеси биологического и химического препаратов она составила 0,11 т/га. При обработке по вегетации химический фунгицид повышал урожайность на 0,33 т/га, биопрепараты – на 0,11–0,14 т/га. Комплексное использование химических препаратов (Скарлет + Титул 390) обеспечило максимальную прибавку урожайности – 0,62 т/га, от совместного использования химического и биологического препарата урожайность повышалась на 0,15–0,33 т/га. Биологические препараты увеличивали этот показатель на 0,13–0,23 т/га. Сделан вывод о возможности подбора сочетаний химических и биологических препаратов, способных контролировать фитосанитарную ситуацию и обеспечивать приемлемую урожайность.

Ключевые слова: яровая пшеница, болезни, фунгициды, биопрепараты, эффективность, урожайность

EFFECTIVENESS OF THE USE OF BIOPREPARATIONS AND FUNGICIDES IN THE CULTIVATION OF SPRING WHEAT IN THE FOREST-STEPPE OF THE PRIOBYE

Vlasenko N.G., (✉)Kulagin O.V., Kudashkin P.I., Ivanova I.A.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

(✉)e-mail: oleg61@yandex.ru

The data on the effectiveness of using chemical, fungal and bacterial fungicides to treat seeds and crops of spring soft wheat in order to limit harmfulness of major diseases are presented. The research

was conducted in 2020–2022 on chernozem leached forest-steppe of the Novosibirsk region Priobye. Chemical seed protectant Scarlet and its mixture with Vitaplan were the most effective dressers in the fight against root rots. It has been demonstrated that although biopreparations are inferior in efficiency to chemical ones, they act for a longer period of time and protect the plant from the disease for a longer period of time. Seed dressing with chemical preparation reduced the development of leaf diseases by 53–58%, and with biopreparations – by 34–41%. Titul 390 was the most effective of the vegetation treatments – 60–98%. The efficiency of the biopreparations was 42–64% in the years of moderate disease development. In the years of strong development of septoriosiis or powdery mildew, the efficiency of biopreparations did not exceed 22–30%. The biological preparations had a growth-stimulating effect on the plants: they increased the flag leaf area by 22–39%. The seed treatment showed an increasing trend in the number of spikelets, grains per ear and grain weight per ear. Application of the preparations during the vegetation period increased reliably the ear length by 16–28%, the number of spikelets – by 15–20, grains – by 24–31, grain weight per ear – by 33–51%. At seed dressing the greatest increase in the yield (0.15 t/ha) was provided by Scarlet, when using a mixture of biological and chemical preparations it amounted to 0.11 t/ha. When treated during the growing season, chemical fungicide increased the yield by 0.33 t/ha, while biopreparations increased the yield by 0.11–0.14 t/ha. Complex use of chemical preparations (Scarlet + Titul 390) provided the maximum yield increase – 0.62 t/ha, from the joint use of chemical and biological preparation the yield increased by 0.15–0.33 t/ha. The biological preparations increased this indicator by 0.13–0.23 t/ha. It has been concluded that it is possible to select combinations of chemical and biological preparations that can control phytosanitary situation and provide acceptable yield.

Keywords: spring wheat, diseases, fungicides, biopreparations, efficacy, yield

Для цитирования: Власенко Н.Г., Кулагин О.В., Кудашкин П.И., Иванова И.А. Эффективность применения биопрепаратов и фунгицидов при выращивании яровой пшеницы в лесостепи Приобья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 10. С. 5–14. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-10-1>

For citation: Vlasenko N.G., Kulagin O.V., Kudashkin P.I., Ivanova I.A. Effectiveness of the use of biopreparations and fungicides in the cultivation of spring wheat in the forest-steppe of the Priobye. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 10, pp. 5–14. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-10-1>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Для разработки экологически ориентированных технологий производства сельскохозяйственной продукции требуется широкий ассортимент эффективных биопрепаратов. В отличие от химических биопрепараты позволяют стабилизировать фитосанитарное состояние, снизить загрязнение окружающей среды остатками пестицидов, повысить экологическую устойчивость агроценоза и плодородие почвы. Показателем востребованности биофунгицидов является рост количества зарегистрированных формуляций в России с 2005 по 2020 г. в 3 раза [1, 2].

В качестве действующего агента биофунгицидов чаще используются бактерии родов *Bacillus* и *Pseudomonas* и грибы рода *Trichoderma*. Защита растений от болезней с помощью биопрепаратов на основе бактерий – многообещающая стратегия, которая может стать альтернативой некоторым методам, основанным на обычно применяемых синтетических фунгицидах, поэтому является предметом интенсивных исследований [3, 4]. Бактериальный антагонизм к патогенам основан на трех основных типах взаимодействия или их комбинаций: антибиотикозе, конкуренции за питательные вещества и пространство и паразитизме^{1, 2} [5, 6]. Некоторые бактерии

¹Raaijmakers J.M., Vlami M., De Souza J.T. Antibiotic production by bacterial biocontrol agents // *Antonie van Leeuwenhoek*. 2002. Vol. 81 (1). P. 537–547. DOI: 10.1023/A:1020501420831.

²Compant S., Duffy B., Nowak J., Clément C., Barka E.A. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects // *Applied and Environmental Microbiology*. 2005. Vol. 71 (9). P. 4951–4959. DOI: 10.1128/AEM.71.9.4951-4959.2005.

также могут повышать естественную резистентность и стимулировать защитные реакции растений, включая выработку активных форм кислорода, фитоалексинов, фенольных соединений, белков, связанных с патогенезом (PR-белки), или образование физических барьеров, например в эпидермисе³.

Грибы рода *Trichoderma* – важная альтернатива в биоконтроле фитопатогенов, поскольку обладают такими же механизмами действия, как бактерии: конкуренцией (вода, воздух, свет и питательные вещества); ассоциацией хозяин – паразит, которая может быть физической или метаболической с перевариванием гидролитическими ферментами, включая хитиназы, протеазы, глюканазы и липазы; антибиотикозом^{4, 5}.

Триходерма синтезирует богатые комплексы гидролаз и обладает высокой гиперпаразитической и антагонистической активностью против почвообитающих фитопатогенных микромицетов, а также продуцирует антибиотики глиотоксин, виридин, триходермин, сацукаллин и другие, которые ограничивают жизнеспособность фитопатогенов, нарушая процесс биосинтеза белка и хитина. В ризосфере триходерма вырабатывает ферменты инвертазу, каталазу, амилазу, уреазу и другие, которые активизируют фотосинтез и поглощение питательных веществ растением. Она также улучшает утилизацию азота, стимулируя бактерии рода *Azotobacter* и клубеньковые бактерии. Кроме того, триходерма за счет своего мощного ферментативного комплекса является активным деструктором стерни. Соломоразлагающая способность триходермы очень актуальна, поскольку проблема утилизации незерновой части урожая обострилась в последние годы в связи с внедрением минимальных обработок почвы и технологии прямого посева. Накопление неразложившейся соломы усиливает активность фитопатогенных микромицетов, а вне-

сение триходермы дает возможность разрешать эту проблему [3, 7].

К недостаткам биопрепаратов следует отнести зависимость эффективности от уровня развития заболевания. В многолетних исследованиях показано, что если химические фунгициды всегда демонстрируют высокую (82–98%) эффективность в отношении листовых инфекций, то эффективность препарата на основе *Bacillus subtilis* уменьшается от 88 до 38% при росте уровня развития болезни от 8 до 49%. При этом прибавка урожайности в годы эпифитотий от применения химических фунгицидов составляет 24%, биологических – лишь 8% [8].

Анализируя современное состояние применения биопрепаратов для оптимизации фитосанитарной обстановки и формирования экологически безопасных систем защиты растений, следует отметить, что определенный задел положительных результатов имеется, однако необходимо определить условия их успешного использования. Это подчеркивает актуальность проведения испытаний биопрепаратов в конкретных почвенно-климатических условиях на выращиваемых в регионе культурах.

Цель исследования – дать оценку возможности использования различных способов применения биопрепаратов при возделывании пшеницы в лесостепи Западной Сибири.

Задачи исследования заключались в изучении влияния обработки семян и внесения Стернифага, а также обработок по вегетации химическими и биологическими препаратами на фитосанитарное состояние и продуктивность посева яровой пшеницы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2022 гг. в многофакторном полевом опыте на полях стационара СФНЦА РАН, расположенном в лесостепи Приобья, на выщелоченном чер-

³Wiesel L., Newton A.C., Elliott I., Booty D., Gilroy E.M., Birch P.R.J., Hein I. Molecular effects of resistance elicitors from biological origin and their potential for crop protection // *Frontiers in Plant Science*. 2014. Vol. 5. P. 655. DOI: 10.3389/fpls.2014.00655.

⁴Machado D.F.M., Parzianello F.R., Silva A.C.F., Antonioli Z.I. *Trichoderma* in Brazil: the fungus and the bioagent // *Journal of Agricultural Sciences*. 2012. Vol. 35 (1). P. 274–288.

⁵Woo S.L., Ruocco M., Vinale F., Nigro M., Marra R., Lombardi N., Pascale A., Lanzuise S., Manganiello G., Lorito M. *Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture // *The Open Mycology Journal*. 2014. Vol. 8. P. 71–126. DOI: 10.2174/1874437001408010071.

ноземе среднесуглинистого состава. В опыте высевали пшеницу Новосибирская 31, которую размещали второй культурой после пара по зерновому предшественнику. Основную осеннюю безотвальную обработку проводили на глубину 20–22 см. Под предпосевную культивацию вносили 90 кг д.в. азота/га и 30 кг д.в. фосфора/га. Далее осуществляли предпосевную обработку культиватором «Степняк» на глубину заделки семян. Посев проводили в начале III декады мая сеялкой СЗС 2,1 с анкерными сошниками с нормой высева 6 млн всхожих зерен/га.

В опыте изучали следующие факторы:

1. Фактор А – протравливание семян:
 - контроль (без протравливания);
 - Трихоцин, СП (20 г/т) + Витаплан, СП (20 г/т);
 - Скарлет, МЭ (0,2 л/т) + Витаплан, СП (20 г/т);
 - Скарлет, МЭ (0,4 л/т).
2. Фактор В – фунгицидная обработка по вегетации и регулирование распадом растительных остатков. Варианты этих факторов накладывались поперек вариантов А для получения сочетания всех изучаемых факторов:
 - контроль (без обработки);
 - Титул 390, ККР (0,26 л/га) в фазе флаг-лист – начало колошения;
 - Алирин Б, Ж в кушение (2,0 л/га) + Витаплан, СП – флаг-лист – начало колошения (40 г/га);
 - Алирин Б, Ж в кушение (2,0 л/га) + Трихоцин, СП – флаг-лист – начало колошения (40 г/га);
 - Стернифаг, СП опрыскивание стерни до посева (80 г/га) + Алирин Б, Ж в кушение (2,0 л/га) + Витаплан, СП – флаг-лист – начало колошения (40 г/га);
 - Стернифаг, СП опрыскивание стерни до посева (80 г/га) + Алирин Б, Ж в кушение (2,0 л/га) + Трихоцин, СП – флаг-лист – начало колошения (40 г/га).

Протравливание осуществляли с увлажнением семян, расход рабочего раствора – 10 л/т. Площадь опытной делянки 24 м², площадь делянки с каждым протравителем – 432 м². Обработку делянок препаратом Стернифаг, СП (80 г/га) проводили ручным опрыскивателем, расход рабочего раствора составил 200 л/га, площадь обработки – 576 м². Площадь варианта по фунгицидной обработке – 288 м². В фазу кушения яровую пшеницу обрабатывали от сорняков баковой смесью гербицидов Аксил, КЭ (1,0 л/га) + Примадонна, СЭ (0,4 л/га) + Гекстар, ВДГ (10 г/га) тракторным опрыскивателем с расходом рабочего раствора 270 л/га.

В опыте изучали эффективность следующих препаратов: Скарлет, МЭ (имазалил (100 г/л) + тебуконазол (60 г/л)), Титул 390, ККР (пропиконазол (390 г/л)), Алирин Б, Ж (*B. subtilis*) штамм В – 10 ВИЗР, титр не менее 1×10^9 КОЕ/мл, Витаплан, СП (*B. subtilis*), штамм ВКМ – В – 2604D титр 1×10^{10} КОЕ/г + (*B. subtilis*), штамм ВКМ – В – 2605D титр 1×10^{10} КОЕ/г, Трихоцин, СП (*T. harzianum*), штамм Г-30, титр 1×10^{10} КОЕ/г, Стернифаг, СП (*T. harzianum*), штамм ВК – 4099D, титр 1×10^{10} КОЕ/г.

Учеты и наблюдения в опытах проводили по общепринятым методикам. Изучали воздействие препаратов на площадь флагового листа [9], структуру колоса, крупность зерна⁶. Учет развития обыкновенной корневой гнили на растениях проводили в фазы кушения пшеницы и молочно-восковой спелости зерна дифференцированно по органам⁷, оценку пораженности посевов листостеблевыми инфекциями (бурая ржавчина, септориоз, мучнистая роса) – в фазе налива зерна⁸. Урожайность пшеницы учитывали прямым комбайнированием, урожай семян приводили к 100%-й чистоте и 14%-й влажности. Математическую обработку данных осуществляли с помощью пакета прикладных программ Snedecor⁹.

⁶Ещенко В.Е., Трифонова М.Ф., Копытко П.Г. Основы опытного дела в растениеводстве. М.: КолосС, 2009. 268 с.

⁷Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я., Мармулева Е.Ю., Кириченко А.А., Гришин В.М. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем: учеб.-практ. пособие. Новосибирск, 2010. 127 с.

⁸Санин С.С., Соколова Е.А., Черкашин В.И. Болезни зерновых культур (рекомендации по проведению фитосанитарного мониторинга). М.: Росинформагротех, 2010. 137 с.

⁹Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере; 2-е изд. Новосибирск, 2012. 282 с.

Погодные условия за период исследований значительно различались. В 2020 г. по метеорологическим показателям вегетационный период характеризовался повышенной теплообеспеченностью и достаточной увлажненностью. Сумма осадков за вегетационный период составила 245 мм. В начале вегетационного периода распределение осадков было неравномерным. В мае их выпало в 1,5 раза больше, в июне на 34 мм меньше нормы. В дальнейшем осадки равномерно распределялись и были схожи со среднесуточными значениями. Среднесуточная температура воздуха составила 15,5; 16,6; 19,6 и 18,6 °C соответственно. В 2021 г. температура воздуха была близка к среднесуточным значениям, в мае, июне, июле и августе она составила 14,3; 16,2; 19,6 и 18,1 °C соответственно.

Осадков за вегетационный период выпало в 1,2 раза меньше, их распределение было крайне не равномерным. В мае и июле их оказалось в 1,5 и 3,3 раза меньше нормы, в июне и августе они были близки к среднесуточным показателям.

Метеоданные вегетационного периода 2022 г. характеризовались недостатком осадков и повышенной температурой в мае на 5,1 °C, далее температурный режим был удовлетворительным. Однако в целом погодные условия оказались неблагоприятными для роста и развития растений из-за дефицита атмосферных осадков: в мае выпало 2,5 мм, июне – 59, июле – 29, августе – 23 мм. За

период вегетации приход атмосферной влаги был в 2 раза ниже нормы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во все 3 года исследований уровень развития корневых гнилей был низким, в фазе кущения – лишь 4,0–5,2%. Наиболее высокой эффективностью во все 3 года обладал химический протравитель Скарлет (58–64%) и его смесь с Витапланом (26–57%). Смесь биологических препаратов слабее снижала развитие болезни (4–61%), внесение Стернифага только в 2021 г. снизило болезнь на 52%, в другие 2 года не влияло на нее. К фазе молочно-восковой спелости индекс развития болезни возрос до 13–17%. В эту фазу наиболее эффективной оказалась смесь Скарлет + Витаплан (38–71%), выше, чем один Скарлет (31–67%). Внесение Стернифага и использование только биопрепаратов менее чем наполовину снижало уровень развития болезни (см. табл. 1). Таким образом, на ранних фазах развития растений биопрепараты уступают по эффективности химическим, но они действуют более длительно и дольше защищают растение от данной болезни.

Фитосанитарная ситуация в отношении болезней листьев складывалась по-разному. В посевах обнаружены все основные заболевания – септориоз, мучнистая роса, ржавчина, но их развитие различалось по годам. В 2020 и 2022 гг., когда развитие септориоза было умеренным (15,4–17,8%), протравлива-

Табл. 1. Влияние внесения Стернифага, СП в почву и протравливания семян на развитие корневой гнили в посеве яровой пшеницы (2020–2022 гг.), %

Table 1. Effect of application of Sternifag, WP in soil and seed dressing on root rot development in spring wheat crop (2020–2022), %

Вариант	Индекс развития болезни					
	Кущение пшеницы			Молочно-восковая спелость зерна		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Контроль	5,1	5,2	4,02	15,8	13,4	17,0
Стернифаг	5,3	2,5*	4,3	8,2*	9,2*	8,7*
Трихоцин + Витаплан	4,9	2,0*	3,3	7,1*	9,2*	9,5*
Скарлет + Витаплан	2,4*	2,2*	3,0	7,6*	8,3*	4,9*
Скарлет	1,8*	1,9*	1,7*	7,9*	9,2*	5,5*

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3: * – варианты достоверно отличаются от контроля на уровне p_{05} по критерию U – Манна-Уитни.

ние семян снизило развитие болезней: Скарлетом на 53–58%, биопрепаратами – на 34–41%. В 2021 г., когда септориоз развивался сильнее (33,1%), эффективность препаратов была существенно ниже. Аналогичная закономерность отмечена и для мучнистой росы: в 2022 г. (год наибольшего развития болезни – 16,7%) эффективность препаратов составила лишь 23–34%, в другие годы – 52–73% (см. табл. 2). Аналогичные результаты уменьшения эффективности биопрепаратов при росте инфекционной нагрузки при протравливании семян отмечены и другими исследователями [10]. Эта зависимость эффективности от уровня развития болезни сужает возможности применения биопрепаратов (в отличие от химических) и требует дифференцированного подхода при применении с учетом уровня развития болезни.

При обработке препаратами по вегетации ожидаемо наиболее эффективным был хими-

ческий препарат Титул 390 – 60–84% против септориоза, 80–93% против мучнистой росы, 85–98% против ржавчины. Эффективность применения биопрепаратов по вегетации и внесения Стернифага против септориоза была невысокой во все годы исследований и не превышала 30% независимо от уровня развития болезни. Против мучнистой росы в годы умеренного развития (2020–2021) наиболее эффективным оказался Алирин Б, Ж + Трихоцин – 42–54%. В год наибольшего развития мучнистой росы (2022) эффективность всех препаратов не превышала 22%. Бурая ржавчина во все 3 года исследований развивалась слабо. Против нее также наиболее эффективным был Алирин Б, Ж + Трихоцин (48–64%). Применение их на фоне Стернифага не увеличивало эффективность биопрепаратов против ржавчины (см. табл. 3).

В целом можно отметить ростостимулирующее влияние изучаемых препаратов на растения пшеницы (см. табл. 4).

Табл. 2. Влияние обработки семян биопрепаратами и химическим протравителем на развитие болезней на флаг-листе (2020–2022 гг.), %

Table 2. Effect of seed treatment with biopreparations and chemical seed dressing on disease development on flag leaf (2020–2022), %

Вариант	Септориоз			Мучнистая роса			Бурая ржавчина		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Контроль	17,8	33,1	15,4	6,9	4,6	16,7	6,1	3,3	0,9
Трихоцин + Витаплан	11,3*	30,9	7,7*	2,6*	2,2*	12,8*	1,6*	1,7	1,3
Скарлет + Витаплан	11,7*	33,1	9,0*	2,1*	1,7*	10,9*	3,3	0,7*	0,5
Скарлет	8,2*	27,8	6,5*	2,8	1,2*	20,7	2,9*	1,9	1,7*

Табл. 3. Влияние обработок биопрепаратами по вегетации и внесения Стернифага, СП на развитие болезней (2020–2022 гг.), %

Table 3. Effect of treatments with biopreparations during vegetation and application of Sternifag, WP on disease development (2020–2022), %

Вариант	Септориоз			Мучнистая роса			Бурая ржавчина		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Контроль	17,8	33,1	15,4	6,9	4,6	16,7	6,1	3,3	0,9
Титул 390	7,1*	5,2*	4,2*	1,3*	0,3*	3,2*	0,9*	0,2*	0,1
Алирин Б, Ж + Витаплан	12,9	32,1	15,8	9,4	2,6*	13,2	2,8*	2,0	0,5
Алирин Б, Ж + Трихоцин	18,4	26,2	12,1	4,0*	2,1*	13,0	2,2*	1,7	0,5
Стернифаг + Алирин Б, Ж + Витаплан	19,6	29,9	10,9*	4,4*	2,7*	15,8	5,0	2,7	2,2
Стернифаг + Алирин Б, Ж + Трихоцин	12,6	23,9*	12,4	6,0	2,7*	24,1	3,9	2,6	0,7

Табл. 4. Влияние протравливания и обработок по вегетации на биометрические показатели в период цветения пшеницы (среднее за 2020–2022 гг.)**Table 4.** Effect of dressing and vegetation treatments on biometric parameters during wheat flowering (average for 2020–2022)

Вариант	Площадь флаг-листа, см ²	Высота растения, см	Воздушно-сухая масса 25 растений, г
Контроль	12,0	79,8	33,7
Трихоцин + Витаплан	16,7	83,7	38,2
Скарлет + Витаплан	15,2	85,0	41,7
Скарлет	15,9	83,3	44,1
Титул 390	15,1	81,8	42,7
Алирин Б, Ж + Витаплан	14,6	82,8	41,2
Алирин Б, Ж + Трихоцин	14,7	82,5	37,8
Стернифаг + Алирин Б, Ж + Витаплан	14,8	82,0	36,0
Стернифаг + Алирин Б, Ж + Трихоцин	15,4	82,3	39,8
НСР ₀₅	1,8	7,9	9,3

Достоверное увеличение площади флагового листа отмечено в 2020 и 2022 гг., в 2021 г. оно проявилось в виде тенденции. В среднем за 3 года большая площадь листа формировалась при использовании смеси биопрепаратов Трихоцин + Витаплан, при применении по вегетации – Титула 390 и Алирина Б, Ж + Трихоцина на фоне Стернифага. Следует отметить, что на фоне Стернифага обе обработки биопрепаратами давали несколько лучший результат. Высоту растений достоверно увеличивало лишь протравливание семян Скарлетом + Витапланом, биомассу растений – только протравливание Скарлетом, хотя тенденция увеличения данных показателей отмечена во всех вариантах опыта.

Применяемые обработки также повлияли на структурные показатели продуктивности колоса. Протравливание семян достоверно увеличило длину колоса на вариантах Скарлет + Витаплан и Скарлет на 11,4%. При использовании смеси биологических протравителей Витаплан + Трихоцин отмечено повышение этого показателя на 7,8%. При обработке семян число зерен в колосе возрастало в среднем за 3 года на 16,3–18,9%, число колосков – на 8,9–10,1%, масса зерна с колоса – на 22,2–28,9%, однако эти различия недостоверны. Применение препаратов по вегетации

повышало почти все показатели достоверно, длину колоса – на 16–28%, число колосков – на 15–20%, зерен – на 24–31%, массу зерна с колоса – на 33–51% (см. табл. 5).

За 3 года предпосевная обработка семян достоверно увеличивала урожайность яровой пшеницы в среднем по фактору на 0,08–0,23 т/га (см. табл. 6). Наибольшая прибавка урожайности отмечена при применении химического протравителя Скарлет (0,15 т/га), при совместном использовании химического препарата Скарлет с биологическим Витапланом прибавка была немного ниже (0,11 т/га), на биологических препаратах она составила 0,1 т/га. Среди обработок по вегетации (в среднем по фактору) самым эффективным оказался химический фунгицид Титул 390: урожайность повышалась на 0,33 т/га. При применении биологических препаратов этот показатель был на уровне 0,11–0,14 т/га, на фоне Стернифага наблюдали небольшое снижение прибавки урожайности. Комплексное использование химических препаратов (Скарлет + Титул) обеспечило получение максимальной прибавки урожайности 0,62 т/га, от совместного использования химического и биологического препарата урожайность повышалась на 0,17–0,34 т/га. Биологические препараты увеличивали этот показатель на 0,13–0,23 т/га.

Табл. 5. Влияние обработок на структурные показатели продуктивности колоса**Table 5.** Effect of treatments on structural indicators of ear productivity

Вариант	Длина колоса, см	Число колосков	Число зерен	Масса зерна с колоса, г
<i>Среднее за 2020–2022 гг.</i>				
Контроль	8,5	14,6	30,1	0,90
Трихоцин + Витаплан	9,2	15,9	35,0	1,10
Скарлет + Витаплан	9,5	16,0	35,2	1,11
Скарлет	9,5	16,1	35,8	1,16
НСР ₀₅	0,94	1,88	7,5	0,29
<i>Среднее за 2021–2022 гг.</i>				
Контроль	8,1	13,6	29,6	0,90
Титул 390	9,7	16,4	38,7	1,31
Алирин Б, Ж + Витаплан	9,5	15,9	37,5	1,21
Алирин Б, Ж + Трихоцин	9,5	15,7	38,6	1,26
Стернифаг + Алирин Б, Ж + Витаплан	10,4	16,3	39,7	1,36
Стернифаг + Алирин Б, Ж + Трихоцин	9,4	15,9	36,8	1,21
НСР ₀₅	1,44	1,98	7,0	0,27

Табл. 6. Влияние протравливания семян и обработок по вегетации на урожайность пшеницы (среднее за 2020–2022 гг.), т/га**Table 6.** Effect of seed dressing and vegetation treatments on wheat yield (average for 2020–2022), t/ha

Обработка семян фактор А	Обработка по вегетации, фактор В						Среднее по факто- ру А
	Кон- троль	Титул 390	Алирин Б + Витаплан	Алирин Б + Трихоцин	Стернифаг + Алирин Б + Витаплан	Стернифаг + Алирин Б + Трихоцин	
Контроль	2,26	2,51	2,37	2,35	2,39	2,44	2,38
Трихоцин + Витаплан	2,36	2,70	2,39	2,45	2,40	2,49	2,46
Скарлет + Витаплан	2,37	2,63	2,59	2,54	2,48	2,41	2,50
Скарлет	2,41	2,88	2,61	2,62	2,57	2,59	2,61
Среднее по фактору В	2,35	2,68	2,49	2,49	2,46	2,48	

НСР₀₅

По фактору А = 0,05, В = 0,06, частных средних = 0,14

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение эффективности применения биопрепаратов выявило некоторые особенности их действия. В конце вегетации все приемы обработки семян примерно одинаково снижали развитие корневой гнили. При сильном (33%) развитии септориоза ни химический, ни биологические протравители не снижали развития данной болезни. Обработки по вегетации (кроме фунгицида Титул 390, ККР) также слабо снижали пораженность растений

болезнью. При этом подтверждено, что чем выше развитие болезни, тем ниже эффективность биопрепаратов. Совместное применение двух химических препаратов обеспечило рост урожайности на 0,62 т/га, лучшие комбинации биопрепаратов – на 0,33 т/га. Биопрепараты демонстрируют меньшую биологическую эффективность по сравнению с химическими, однако могут быть подобраны такие сочетания синтетических и микробиологических фунгицидов, которые обеспечат

фитосанитарное состояние посевов и урожайность на необходимом уровне. Применению биопрепаратов должна быть отведена определенная роль в системе оздоровления фитосанитарного состояния посевов мягкой яровой пшеницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долженко В.И., Липтиев А.Б. Современный ассортимент средств защиты растений: биологическая эффективность и безопасность // Плодородие. 2021. № 3. С. 71–75. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.13.
2. Рябова О.В. К вопросу разработки микробиологических препаратов (фунгицидов и удобрений) для условий Северо-Востока Европейской части Российской Федерации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 1 (50). С. 31–40.
3. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И. Микробиологические препараты для защиты пшеницы от возбудителей грибных заболеваний // Агрохимия. 2017. № 6. С. 81–91. DOI: 10.7868/S0002188117060102.
4. Новикова И.И. Полифункциональные биопрепараты для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем в биологическом земледелии // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 2 (99). С. 183–194. DOI: 10.24411/0131-5226-2019-10162.
5. Köhl J., Kolnaar R., Ravensberg W.J. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy // *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. P. 845. DOI: 10.3389/fpls.2019.00845.
6. Collinge D.B., Jensen D.F., Rabiey M., Sarrocco S., Shaw M.W., Shaw R.H. Biological control of plant diseases – what has been achieved and what is the direction? // *Plant Pathology*. 2022. Vol. 71 (5). P. 1024–104. DOI: 10.1111/ppa.1355.
7. Павлюшин В.А., Новикова И.И., Бойкова И.В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*. 2020. Т. 55. № 3. С. 421–438. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.421rus.
8. Кекало А.Ю., Немченко В.В., Заргарян Н.Ю., Филипов А.С. Фитосанитарные проблемы

пшеничного поля и эффективность средств защиты от болезней // *Агрохимия*. 2020. № 10. С. 45–50.

9. Дмитриев Н.Н., Хуснидинов Ш.К. Методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с помощью компьютерной технологии // *Вестник Красноярского аграрного университета*. 2016. № 7. С. 88–93.
10. Шпанев А.М., Денисюк Е.С. Эффективность микробиологических препаратов на основе *Bacillus subtilis* и *Trichoderma harzianum* в защите ярового ячменя от болезней на Северо-Западе России // *Биотехнология*. 2020. Т. 36. № 1. С. 61–72.

REFERENCES

1. Dolzhenko V.I., Laptiev A.B. Modern range of plant protection means: biological efficiency and safety. *Plodorodie = Plodorodie*, 2021, no. 3, pp. 71–75. (In Russian). DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.13.
2. Ryabova O.V. K On a problem of development of microbiological agents (fungicides and fertilizers) for conditions of the Northeast of the European part of the Russian Federation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2016, no. 1 (50), pp. 31–40. (In Russian).
3. Grisechikina L.D., Dolzhenko V.I. Microbiological preparations for wheat protection against fungal diseases pathogens. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*, 2017, no. 6, pp. 81–91. (In Russian). DOI: 10.7868/S0002188117060102.
4. Novikova I.I. Polyfunctional biological products for phytosanitary optimization of agroecosystems in biological agriculture. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva = Technologies and Technical Means for Mechanized Production of Crop and Livestock Products*, 2019, no. 2 (99), pp. 183–194. (In Russian). DOI: 10.24411/0131-5226-2019-10162.
5. Köhl J., Kolnaar R., Ravensberg W.J. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. *Frontiers in Plant Science*, 2019, vol. 10, p. 845. DOI: 10.3389/fpls.2019.00845.
6. Collinge D.B., Jensen D.F., Rabiey M., Sarrocco S., Shaw M.W., Shaw R.H. Biological control of plant diseases – what has been achieved

- and what is the direction? *Plant Pathology*, 2022, vol. 71 (5), pp. 1024–104. DOI: 10.1111/ppa.1355.
7. Pavlyushin V.A., Novikova I.I., Boikova I.V. Microbiological control in phytosanitary optimization technologies for agroecosystems: research and practice (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2020, vol. 55, no. 3, pp. 421–438. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.421rus.
 8. Kekalo A.Yu., Nemchenko V.V., Zargaryan N.Yu., Fillipov A.S. Phytosanitary problems of wheat field and effectiveness of means for protection against diseases. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*, 2020, no. 10, pp. 45–50. (In Russian).
 9. Dmitriev N.N., Khusnidinov Sh.K. Accelerated method of determination of leaf of crops by computer technology. *Vestnik Krasnoyarskogo agrarnogo universiteta = Bulletin of KrasGAU*, 2016, no. 7, pp. 88–93. (In Russian).
 10. Shpanev A.M., Denisuk E.S. Efficiency of the microbiological products based on *Bacillus subtilis* and *Trichoderma harzianum* in protection of spring barley from diseases in the North-West of Russia. *Biotekhnologiya = Biotechnology*, 2020, vol. 36, no. 1, pp. 61–72. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Власенко Н.Г., доктор биологических наук, академик РАН, главный научный сотрудник, начальник отдела защиты растений

✉ **Кулагин О.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; а/я 463; e-mail: oleg61@yandex.ru

Кудашкин П.И., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; e-mail: kpetr64@yandex.ru

Иванова И.А., старший научный сотрудник; e-mail: iinnaa_1976@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Natalia G. Vlasenko, Doctor of Science in Biology, Academician RAS, Head Researcher, Head of Plant Protection Department

✉ **Oleg V. Kulagin**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: oleg61@yandex.ru

Petr I. Kudashkin, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; e-mail: kpetr64@yandex.ru

Inna A. Ivanova, Senior Researcher; e-mail: iinnaa_1976@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 02.08.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 29.08.2023
Дата публикации / Published 20.11.2023