

УДК 632.937:633.16(470.2)

## Эффективность микробиологических препаратов на основе *Bacillus subtilis* и *Trichoderma harzianum* в защите ярового ячменя от болезней на Северо-Западе России

© 2020 А. М. ШПАНЕВ<sup>1,2,\*</sup>, Е. С. ДЕНИСЮК<sup>1</sup><sup>1</sup>ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, 195220<sup>2</sup>ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, 196608

\*e-mail: ashpanev@mail.ru

Поступила в редакцию 26.08.2019 г.

После доработки 09.10.2019 г.

Принята к публикации 23.10.2019 г.

Исследована эффективность микробиологических препаратов на основе сыпучего порошка (СП) *Bacillus subtilis* (Витаплан) и *Trichoderma harzianum* (Трихоцин) в защите ярового ячменя на Северо-Западе РФ от корневой гнили и гельминтоспориоза листьев. Применение этих биопрепаратов как при обработке посевного материала, так и вегетирующих растений оказывает слабое влияние на болезни ярового ячменя. Снижение развития гельминтоспориозно-фузариозной корневой гнили и гельминтоспориозной пятнистости листьев не превышало 35%. Более высокого биологического и хозяйственного эффекта удалось достичь при обработке партий семян с низкой степенью зараженности основным возбудителем корневой гнили. Применение препарата Витаплан в баковой смеси со сниженными нормами расхода химических фунгицидов было менее эффективным чем обработка химическими препаратами в чистом виде с полной нормой расхода: на 17% и 12,7% в отношении корневой гнили и гельминтоспориозной пятнистости, соответственно. Смеси химических препаратов с биопрепаратом Витаплан целесообразно использовать при средней степени зараженности семян возбудителями корневой гнили и прогнозируемом умеренном развитии гельминтоспориозной пятнистости.

**Ключевые слова:** яровой ячмень, биологические средства защиты растений, корневая гниль, болезни листьев, хозяйственная эффективность

doi: 10.21519/0234-2758-2020-36-1-61-72

В последние годы биологизированная защита сельскохозяйственных культур стремительно развивается как приоритетное направление в защите растений от вредных организмов в России. При этом применением биопрепаратов уже сейчас успешно решаются многие острые фитосанитарные проблемы в сельском хозяйстве, в частности, заражение возделываемых культур корневой гнилью и другими заболеваниями. В литературе преобладают данные о высокой эффективности биопрепаратов по отношению к разным возбудителям в защите зерновых культур в разных регионах страны [1–7]. Так, биологическая эффективность биопрепарата Агат 25-К в защите ярового ячменя от корневой гнили составляла 48,3% [8],

а двукратное опрыскивание посевов препаратом Альбит снижало развитие листовой формы гельминтоспориоза на 68,6% [9]. В то же время в литературе немало упоминаний о слабом защитном эффекте биофунгицидов и сильной зависимости их эффективности от степени заражения болезнью, условий увлажнения и теплообеспеченности, что не позволяет их считать надежными фитосанитарными средствами [10–15].

Особенно актуальны разработки в области биологизированной защиты от болезней ярового ячменя на Северо-Западе РФ, основной фуражной культуры этого региона, а низкая себестоимость зерна диктует необходимость снижения затрат на защиту растений. При этом вопрос применения

**Список сокращений:** БЭ – биологическая эффективность; ВК – водорастворимый концентрат; д.в. – действующее вещество; КС – концентрат суспензии; КЭ – концентрат эмульсии; СП – сыпучий порошок; НСР<sub>05</sub> – наименьшая существенная разница; НРК – комплексное минеральное удобрение, состоящее из азота, фосфора и калия; R – средневзвешенная величина степени поражения растений.

современных биопрепаратов, в том числе таких как Витаплан СП и Трихоцин СП, в защите ярового ячменя от болезней в данном регионе изучен слабо. Особый интерес представляет изучение совместного применения биологических и химических фунгицидов, в связи с известным эффектом синергизма, повышающим эффективность такой обработки [16–18].

Цель работы – оценка эффективности применения микробиологических препаратов на основе бактерий *Bacillus subtilis* и почвенного гриба *Trichoderma harzianum* Rifai и их смесей с химическими фунгицидами для защиты ярового ячменя от болезней на Северо-Западе РФ.

## УСЛОВИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

### Материалы

Эффективность микробиологических препаратов в защите ярового ячменя от болезней изучалась в 2014–2016 гг. на полях Меньковского филиала Агрофизического научно-исследовательского института (МФ АФИ), расположенного в Гатчинском р-не Ленинградской обл. В исследовании участвовали два относительно новых биофунгицида – Витаплан СП и Трихоцин СП, от группы компаний «Агробиотехнология», а регистрантами выступали ООО Управляющая компания «АБТ-групп» и ВНИИ защиты растений. Витаплан СП был разработан на основе двух штаммов (ВКМ-В-2604D и ВКМ-В-2605D) бактерий *B. subtilis*, Трихоцин СП – на основе штамма Г-30 ВИЗР почвенного гриба *T. harzianum*. Оба препарата были зарегистрированы до 2023 г. и предназначены для

предпосевной обработки семян и вегетирующих растений ярового ячменя в целях защиты от гельминтоспориозной и фузариозной корневой гнили, сетчатой пятнистости листьев в норме применения 20 г/т, 20–40 и 30–40 г/га [19].

В исследованиях использовался сорт ярового ячменя «Ленинградский» селекции ЛенНИИСХ, допущенный к возделыванию в Северо-Западном регионе с 2009 г. Сорт характеризуется высокой потенциальной урожайностью, повышенным содержанием белка и незаменимых аминокислот, выровненным стеблестоем, дружным и ранним созреванием, устойчивостью к осыпанию и прорастанию зерна на корню и ломкости колоса, он технологичен при возделывании и доработке зерна, устойчив к возбудителям сетчатой и темно-бурой пятнистости листьев.

### Методика

Ежегодно закладывалось по два опыта с тремя уровнями инфекционной нагрузки с учетом соответствующих рекомендаций [20]. В первом случае изучалось влияние биофунгицидов на корневую гниль (табл. 1), во втором – на листовые болезни (табл. 2). Инфекционные уровни создавались посевом семян, зараженных в разной степени основным возбудителем корневой гнили и гельминтоспориозной пятнистости грибом *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker. Для низкого инфекционного фона использовалась партия семян с развитием гельминтоспориоза  $\leq 10\%$ , для среднего – 10–25%, высокого –  $> 25\%$ . При этом в опытах изучалась эффективность биопрепаратов в нормах применения, рекомендованных производителем (20 г/т для обработки семян, 40 и

Таблица 1

### Варианты опыта с фунгицидами для обработки посевного материала

#### Experience options with fungicides for seed treatment

№ п/п	Фунгицид	Препаративная форма	Норма расхода	Ед. изм.
1	Без обработки (контроль)	–	–	–
2	Винцит Форте	КЭ	1,2	л/т
3	Клад	КС	0,4	То же
4	Ламадор	КС	0,2	» »
5	Витаплан	СП	20,0	г/т
6	Трихоцин	СП	20,0	То же
7	Витаплан + Трихоцин	СП + СП	10,0 + 10,0	» »
8	Витаплан	СП	40,0	» »
9	Трихоцин	СП	40,0	» »
10	Витаплан + Трихоцин	СП + СП	20,0 + 20,0	» »
11	Витаплан + Винцит Форте	СП + КЭ	20,0 + 0,6	г/т + л/т
12	Витаплан + Клад	СП + КС	20,0 + 0,2	То же
13	Витаплан + Ламадор	СП + КС	20,0 + 0,1	» »

## Варианты опыта с фунгицидами для обработки вегетирующих растений

Experience options with fungicides for treatment of vegetative plants

№ п/п	Фунгицид	Препаративная форма	Норма расхода	Ед. изм.	Кратность обработки
1	Без обработки (контроль)	–	–	–	–
2	Альто Супер	КЭ	0,4	л/га	1
3	Аканто Плюс	КС	0,6	То же	1
4	Зантара	КЭ	0,8	» »	1
5	Витаплан	СП	40,0	г/га	2
6	Трихоцин	СП	30,0	То же	2
7	Витаплан + Трихоцин	СП + СП	20,0 + 15,0	» »	2
8	Витаплан	СП	80,0	» »	2
9	Трихоцин	СП	60,0	» »	2
10	Витаплан + Трихоцин	СП + СП	40,0 + 30,0	» »	2
11	Витаплан + Альто Супер	СП + КЭ	20,0 + 0,2	г/га + л/га	1
12	Витаплан + Аканто Плюс	СП + КС	20,0 + 0,3	То же	1
13	Витаплан + Зантара	СП + КС	20,0 + 0,4	» »	1

30 г/га для вегетирующих растений) и при увеличении норм в 2 раза (40 г/т, 80 и 60 г/га), а также эффективность смеси биопрепаратов при снижении в 2 раза норм расхода химических фунгицидов. В опыте, где была предусмотрена обработка вегетирующих растений, биопрепараты применялись дважды – в фазу выхода в трубку и в фазу колошения. В качестве эталонов, известных своей высокой эффективностью, в схеме опытов присутствовали протравители с химическими фунгицидами – Винцит Фортэ КЭ, Клад КС, Ламадор КС; фунгициды для обработки вегетирующих растений – Альто Супе КЭ, Зантара КЭ, Аканто Плюс КС. При этом выбор был сделан в пользу как уже хорошо зарекомендовавших, так и перспективных, с пониженными нормами расхода двух- и трехкомпонентных по действующему веществу препаратов. Наличие в схеме опыта трех вариантов, сочетающих использование биопрепаратов с химическими фунгицидами со сниженными в 2 раза нормами расхода, обусловлено их высокой эффективностью наряду с уменьшением стоимости обработки и вреда для окружающей среды [21–23]. Такое сочетание в применении других биопрепаратов рекомендовано к широкому использованию в центральных и южных регионах страны.

Перед началом опытов по поверхности поля механическим разбрасывателем вносились 140 кг/га минеральных удобрений в виде смеси азота, фосфора и калия (НРК) из расчета 65, 50, 50 кг д.в./га соответственно. В этот же день удо-

брения обязательно заделывались в почву дисковой бороной на глубину 10–12 см. В фазу кущения ярового ячменя проводилась фоновая обработка гербицидом Агритокс ВК (1,0–1,2 л/га).

В 2014 г. в опыте отсутствовали варианты с увеличенными в 2 раза нормами расхода биопрепаратов. Ежегодное число делянок при 4-кратной повторности составляло 156. Площадь делянки – 2 м<sup>2</sup>. Семена обрабатывались вручную за 10–14 дней до посева. Расход рабочей жидкости составлял 10 л/т. Учет развития корневой гнили проводился с интервалом в 14 дней и приходился на фазу всходов, кущения, стеблевания и цветения. На каждой делянке оценивались 30 растений по общепринятой учетной шкале: 0 – эпикотель без поражения, 1 – единичные пятна на эпикотеле, 2 – слабое побурение эпикотеля, 3 – сильное побурение эпикотеля, 4 – полное отмирание проростка. Развитие корневой гнили в вариантах опыта определяли по средневзвешенной величине развития заболевания ( $R$ ) [24].

$$R = \sum(a \cdot b) \cdot 100 / A \cdot K$$

где  $a$  – число растений с одинаковыми признаками поражения,  $b$  – соответствующий балл,  $A$  – общее число проанализированных растений,  $K$  – высший балл учетной шкалы.

## Способ учета урожая

Уборку и учет урожая проводили путем обмола растений с учетной площади 1 м<sup>2</sup> на каждой делянке в фазу полной спелости ярового ячменя.

В 2014 г. в опыте отсутствовали варианты с нормами расхода биопрепаратов, увеличенными в 2 раза. При 4-кратной повторности ежегодное число делянок размером 10 м<sup>2</sup> составляло 156. Вегетирующие растения обрабатывались при двукратном применении биопрепаратов в фазы выхода в трубку и колошения, при однократном – в фазу колошения. Расход рабочей жидкости – 300 л/га. Анализ развития листостеблевых болезней проводился перед обработкой, через 10, 20 и 30 дней после обработки на 10 стеблях в трех местах на каждой делянке. Использовалась универсальная пятибалльная шкала оценки интенсивности поражения листьев: 0 – признаки поражения отсутствуют, 1 – поражение <10% листовой поверхности, 2 – 11–25%, 3 – 26–50%, 4 – 51–75%, 5 – >75%.

### Оценка биологической эффективности

Для расчета биологической эффективности (БЭ) использовалась формула Аббота, которая показывает на какую относительную величину применяемый препарат снижает развитие болезни по сравнению с контролем [25].

$$БЭ = (К - О/К) \times 100,$$

где К – развитие болезни в контроле (без обработки), %; О – развитие болезни в испытываемом варианте после обработки, %

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью программы Statistica 6 и состояла из дисперсионного анализа для выявления достоверных различий между эффектами, полученными в разных вариантах опыта, и расчета наименьшей существенной разницы (НСР<sub>05</sub>).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Характеристика болезней ярового ячменя

Основные болезни ярового ячменя на Северо-Западе РФ – корневая гниль гельминтоспориозно-фузариозной этиологии (*Cochliobolus sativus* (S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur, *Fusarium* spp.) и гельминтоспориозная пятнистость листьев (*C. sativus* (S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur, *Pyrenophora teres* Drechsler, *P. graminea* Ito & Kuribayashi), второстепенные – ринхоспориоз (*Rhynchosporium secalis* (Oudem.) J. J. Davis), мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *hordei* Marchal.), карликовая (*Puccinia hordei* G.H. Otth.) и стеблевая (*P. graminis* Pers. f. sp. *tritici* Eriks. et Henn.) ржавчина [26]. Так, степень пора-

жения корневой гнили в посевах ярового ячменя данного региона уже в фазу кущения может достигать в отдельные годы 25–40%, гельминтоспориозной пятнистости – 15–20% в фазу налива зерна [27]. Соответственно целевыми объектами защитных мероприятий становятся, прежде всего, возбудители корневой гнили и гельминтоспориозной пятнистости.

В период проведения исследований поражение растений ярового ячменя корневой гнилью имело умеренное (2014 и 2015 гг.) и слабое (2016 г.) развитие. Благоприятные условия для развития корневой гнили были созданы с избыточным увлажнением в начальный период роста и развития культуры, сопровождающимся сильным уплотнением пахотного горизонта и плохой аэрацией корневой системы.

### Влияние обработки семян фунгицидами на развитие семенной инфекции

Фитоэкспертиза посевного материала показала, что все изучаемые биопрепараты, в зависимости от нормы применения, снижали развитие гельминтоспориоза на зерне в диапазоне 33,5–44,1%. При этом отмечался значительный (77,2%) эффект от их применения при слабой инфекционной нагрузке на семена, тогда как при средней и сильной степени зараженности данным возбудителем он снижался до 28,2 и 18,3% соответственно (табл. 3). Предпосевная обработка семян ячменя препаратом Витаплан приводила к снижению развития гельминтоспориоза на зерне на 37,5%, и 53,8% (см. табл. 1, вар. 5 и 8, соответственно). При слабой инфекционной нагрузке эффект от применения биопрепарата в зависимости от нормы расхода достигал 90,6–98,3%. При среднем уровне зараженности семян гельминтоспориозом в вар. 5 и 8 применение Витаплана снижало развитие болезни на 27,2% и 72,8%, соответственно. Низкая эффективность изучаемого биопрепарата на уровне 2,4–16,7% наблюдалась при сильной зараженности семян гельминтоспориозом. Обработка семян ячменя смесями биопрепарата с химическими протравителями в уменьшенных дозировках (вар. 11–13) приводила к снижению развития гельминтоспориоза, в среднем на 62,9%, в том числе при слабой зараженности семян – 92,2%, средней – 55,2% и сильной – 47,7%. Тем самым, смеси биофунгицида Витаплан СП и химических фунгицидов со сниженными в 2 раза нормами расхода уступали по эффективности химическим протравителям в чистом виде только на 7,4%.

**Биологическая эффективность обработки посевного материала фунгицидами**

При обработке семенного материала изучаемыми биопрепаратами не отмечалось устойчивого защитного эффекта по отношению к

корневой гнили ярового ячменя. Так, по данным 2014 г. биологическая эффективность обработки препаратами Витаплан (вар. 5) и Трихоцин (вар. 6) в норме 20 г/т составила 10,3 и 33,6% соответственно, их смесью (вар. 7) – 20,6% (рис.1).

Таблица 3

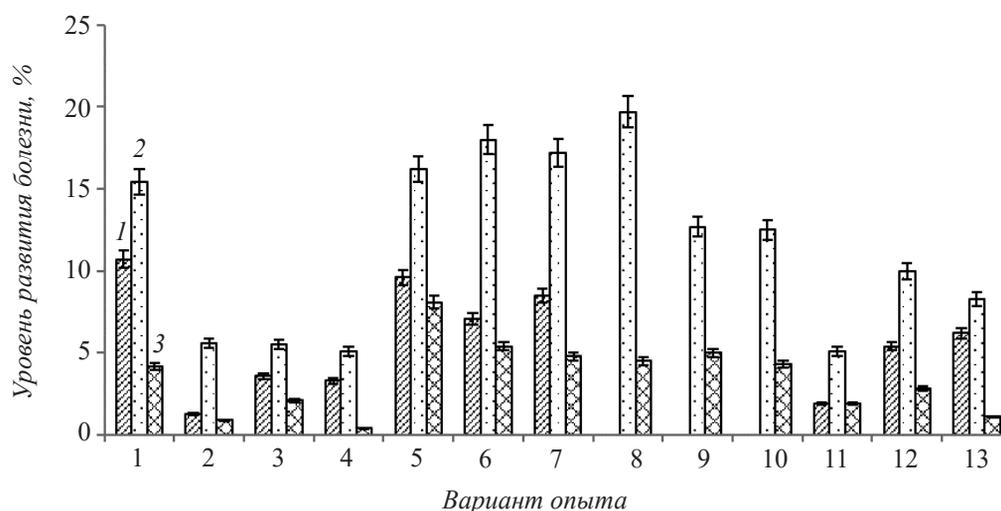
**Влияние обработки посевного материала микробиологическими препаратами и их смесями с химическими протравителями на развитие гельминтоспориоза на семенах ярового ячменя (2015 г.)**

Effect of treatment of seed material with microbiological preparations and their mixtures with chemical protectants on the development of helminthosporium on spring barley seeds (2015)

Вариант опыта	Уровень инфекционной нагрузки, %						Среднее, %	
	низкий		средний		высокий			
	R	БЭ	R	БЭ	R	БЭ	R	БЭ
1	28,7±2,5	–	26,8±8,2	–	42,0±3,6	–	32,5±3,6	–
2	6,0±0,3	79,1	2,2±0,6	91,8	11,8±1,5	71,9	6,7±1,5	79,4
3	16,2±1,2	43,6	9,8±6,3	63,4	19,5±4,0	53,6	15,2±2,6	53,2
4	0,3±0,1	98,9	1,5±0,3	94,4	19,5±4,8	53,6	7,1±3,4	78,2
5	0,5±0,2	98,3	19,5±6,3	27,2	41,0±3,8	2,4	20,3±6,2	37,5
6	9,3±6,3	67,6	11,3±5,7	57,8	23,0±4,5	45,2	12,1±3,3	62,8
7	8,8±4,7	69,3	24,7±1,5	7,8	32,8±1,6	21,9	22,1±3,8	32,0
8	2,7±1,3	90,6	7,3±1,8	72,8	35,0±2,3	16,7	15,0±5,1	53,8
9	7,2±4,6	74,9	27,7±6,3	3,4	37,0±1,0	11,9	23,9±5,0	26,5
10	10,7±4,3	62,7	30,0±2,6	0	37,0±1,6	11,9	25,9±4,2	20,3
11	1,5±0,8	94,8	1,5±0,6	94,4	17,7±2,8	57,9	6,9±2,8	78,8
12	3,2±1,4	88,9	18,8±4,7	29,9	30,2±1,8	28,1	17,4±4,2	46,5
13	2,0±0,6	93,0	15,7±3,1	41,4	18,0±1,7	57,1	11,9±2,7	63,4
НСР <sub>05</sub>	8,8	–	13,4	–	7,9	–	7,2	–

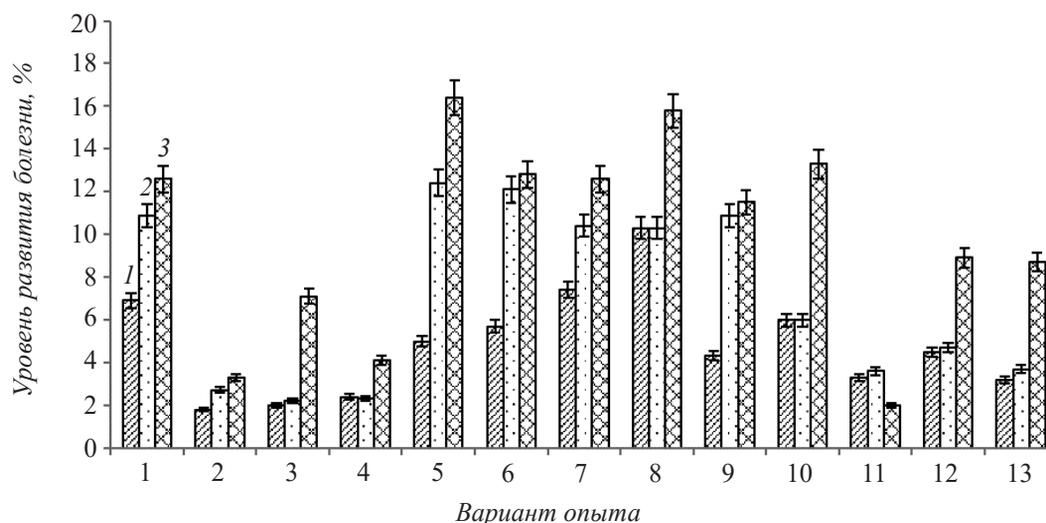
Примечание: здесь и в табл. 4, 5 и 6 R – средневзвешенная величина развития заболевания; БЭ – биологическая эффективность (%). Описание вариантов см. в табл. 1.

Note: Here and in Table 4 – 6 R – weighted average of the degree of plant damage, %; БЭ – biological efficiency, %; description of experience options see in the Table 1.



**Рис. 1.** Уровень развития корневой гнили ярового ячменя, выращенного из посевного материала с разными вариантами обработки фунгицидами 1–13 (обозначения см. в табл. 1). Период исследования: 1 – 2014; 2 – 2015; 3 – 2016

**Fig. 1.** The level of development of root rot of spring barley grown from seed with different treatment options fungicides 1–13 (see Table. 1). Study period: 1 – 2014; 2 – 2015; 3 – 2016



**Рис. 2.** Уровень развития корневой гнили ярового ячменя в зависимости от-инфекционного фона и вариантов обработки посевного материала фунгицидами 1–13 (обозначения см. в табл. 1). Инфекционный фон: 1 – низкий; 2 – средний; 3 – высокий

**Fig. 2.** The level of development of root rots of spring barley, depending on the infectious background and options for treatment of the sowing material with fungicides 1–13 (see Table. 1). Infectious background: 1 – low; 2 – medium; 3 – high

В 2015 г. более низкие показатели развития корневой гнили, по сравнению с контролем, фиксировались только на вариантах опыта с удвоенной нормой расхода препарата Трихоцин (вар. 9, БЭ – 17,5%) и совместного применения Витаплана и Трихоцина (вар. 10, БЭ – 18,8%). В 2016 г. защитный эффект от обработки посевного материала из-за засушливых погодных условий был ограничен коротким периодом и наблюдался только до появления всходов ярового ячменя. В литературе [15, 28] отмечались случаи отрицательного влияния засухи на эффективность предпосевной обработки семян озимой пшеницы биопрепаратами и слабого снижения зараженности семян (на 33,8%) и корневой системы (на 15,9–18,1%) яровой пшеницы возбудителем *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker от протравливания препаратом Витаплан СП.

В то же время, по нашим данным 2014-го года, достаточно высокая эффективность биофунгицидов (59,6–94,2%) отмечалась на низком инфекционном фоне зараженности семян возбудителем корневой гнили, тогда как на среднем фоне она снижалась до 32,1–44,0% (в 1,6–2,1 раза), а на высоком фоне защитный эффект не проявлялся (рис. 2, вар. 5, 6, 7). Лучший результат показывал препарат Трихоцин (рис. 2, вар. 6).

Варианты опыта, предусматривающие обработку семян смесями из химических протравителей и препарата Витаплан СП, демонстрировали довольно высокую эффективность на протяжении всех трех лет исследований. В 2014 г. эффективность данных вариантов в борьбе с развитием

корневой гнили составила 42,1–82,2%, 2015 г. – 35,1–66,9%, 2016 г. – 33,3–73,8%, что по усредненным данным оказалось на 16,6, 15,5 и 19,0% меньше, чем при обработке химическими фунгицидами в чистом виде и полной норме расхода (рис. 1). Наименьшая потеря эффективности наблюдалась при обработке семян баковой смесью из препаратов Винцит Форте КЭ и Витаплан СП (10,9%), а наибольшая – препаратами Клад КС и Витаплан СП (20,9%).

Следует отметить затухающий эффект протравливания семян фунгицидами на развитие корневой гнили ярового ячменя (табл. 4). Наиболее сильным он был в период от посева семян до появления всходов ячменя, когда развитие корневой гнили под действием биологических протравителей сдерживалось в среднем на 57,3%, в том числе на 41,1% в рекомендованной норме применения (вар. 5–7) и на 58,1% в увеличенной в 2 раза (вар. 8–10). Наиболее эффективным оказался вариант опыта с применением препарата Трихоцина (табл. 4, вар. 9). Действие биопрепаратов ограничивалось этим коротким периодом и было связано, исключительно, с его влиянием на семенную, а не почвенную инфекцию. Более продолжительный защитный эффект достигался при обработке семян смесями из Витаплана и химических фунгицидов со сниженной наполовину нормой расхода (вар. 11–13). За период от посева до появления всходов, от всходов до кущения и от кущения до стеблевания эффект, ограничивающий развитие корневой гнили, в среднем составил 81,2, 54,0 и 36,9% соответственно.

**Эффект протравливания семян биопрепаратами и их смесями с химическими фунгицидами на развитие корневой гнили в разные фазы развития ярового ячменя (2016 г.)****The effect of seed treatment with biopreparations and their mixtures with chemical fungicides on the development of root rot of spring barley (2016)**

Вариант опыта	Всходы		Кущение		Стеблевание		Цветение	
	R	БЭ	R	БЭ	R	БЭ	R	БЭ
1	3,9±1,0	–	4,2±1,1	–	6,5±1,5	–	15,5±3,8	–
2	0,9±0,4	76,9	0,9±0,3	78,6	2,0±1,2	69,2	12,7±2,8	18,1
3	1,3±0,6	66,7	2,1±0,9	50,0	3,7±1,9	43,1	12,4±3,7	20,0
4	0,5±0,2	87,2	0,4±0,2	90,5	3,0±1,5	53,9	18,4±3,4	0,0
5	2,1±0,7	46,2	8,1±2,5	0,0	7,8±2,9	0,0	19,2±3,1	0,0
6	2,7±0,5	30,8	5,4±1,4	0,0	7,6±2,7	0,0	20,7±3,0	0,0
7	2,1±0,7	46,2	4,8±1,2	0,0	8,1±2,0	0,0	24,8±3,6	0,0
8	2,1±0,6	46,2	4,5±1,4	0,0	7,3±2,3	0,0	20,5±3,8	0,0
9	1,2±0,4	69,2	5,0±1,6	0,0	7,1±1,4	0,0	25,1±3,4	0,0
10	1,6±0,6	59,0	4,3±1,6	0,0	11,3±2,7	0,0	25,1±3,8	0,0
11	0,9±0,4	76,9	1,9±0,6	54,8	3,5±1,3	46,2	16,6±3,2	0,0
12	0,4±0,2	89,7	2,8±0,9	33,3	4,9±2,0	24,6	18,3±2,1	0,0
13	0,9±0,4	76,9	1,1±0,4	73,8	3,9±1,4	40,0	17,4±3,3	0,0
НСР <sub>05</sub>	1,6	–	2,7	–	4,2	–	8,1	–

*Примечание:* Описание вариантов см. в табл. 1.*Note:* description of experience options see in the Table 1.

Еще более длительный период защиты, до фазы цветения включительно, отмечался при использовании химических протравителей в полных нормах расхода.

**Хозяйственная эффективность обработки посевного материала фунгицидами**

Анализ урожая ярового ячменя показал (табл. 5), что самые высокие показатели хозяйственной эффективности наблюдались на вариантах с применением химических протравителей (13–15% сохраненного урожая). Смеси химических фунгицидов и биопрепарата Витаплан СП приводили к росту урожайности культуры в среднем на 6–9%. Обработка семян ячменя биопрепаратами не приносила хозяйственного эффекта в 2014 и 2016 гг., а в 2015 г., когда наблюдалось умеренное развитие заболевания, на отдельных вариантах эффект достигал 11–12% (табл. 5). При этом хозяйственная эффективность применяемых биофунгицидов снижалась по мере повышения уровня инфекционной нагрузки возбудителей корневой гнили на семена. Так, в 2015 г. на вариантах с применением биопрепаратов по сравнению с контролем урожайность ячменя состави-

ла 119, 110, 95% и 126, 105, 94% соответственно для рекомендуемых и увеличенных в 2 раза норм, с низким, средним и высоким уровнем инфекции.

**Характеристика листовых болезней ярового ячменя**

Среди листовой пятнистости на яровом ячмене, вызванной различными возбудителями, в Северо-Западном регионе преобладает сетчатый гельминтоспориоз [29]. Для него характерно раннее появление на растениях и сильное поражение листьев всех ярусов при благоприятных погодных условиях. Таковые отмечались в 2016 г., когда во второй половине вегетации ячменя выпало избыточное количество осадков. Развитие гельминтоспориоза в фазу налива зерна составило 20,3% на 1-м подфлаговом листе, а в фазу молочно-восковой спелости достигло 35,2% на флаговом листе. Обратная ситуация наблюдалась в 2014 и 2015 гг., когда на 1-м подфлаговом листе болезнь развивалась на уровне 3,5 и 5,3%, на флаговом листе – 9,1 и 8,6% соответственно. Устойчиво низкими показателями развития болезни в посевах ячменя в годы исследования были отмечены ринхоспориоз (0,01–1,8%), мучнистая роса ( $\leq 3,2\%$ ), карликовая ржавчина ( $\leq 0,02\%$ ), что не позволило

**Влияние обработки посевного материала биопрепаратами и их смесями с химическими фунгицидами на урожайность и основные элементы структуры урожая ярового ячменя (2015 г.)****Influence of treatment of seed material with biological preparations and their mixtures with chemical fungicides on yield and main elements crop structure of spring barley (2015)**

Вариант опыта	Густота продуктивного стеблестоя		Масса зерна с колоса		Урожайность	
	экз./м <sup>2</sup>	%	г	%	г/м <sup>2</sup>	%
1	327	100	0,72	100	234,9	100
2	387	118	0,73	101	281,8	120
3	355	109	0,71	99	254,4	108
4	369	113	0,74	103	274,1	117
5	337	103	0,77	107	260,8	111
6	337	103	0,72	100	244,2	104
7	336	103	0,76	106	255,0	109
8	321	98	0,73	101	236,1	101
9	331	101	0,78	108	257,8	110
10	321	98	0,82	114	262,1	112
11	357	109	0,73	101	262,0	112
12	363	111	0,74	103	271,1	115
13	345	106	0,68	94	237,5	101
НСР <sub>05</sub>	32,1	–	0,10	–	43,3	–

Примечание: % – процент от контроля. Обозначение вариантов см. в табл. 1.

Note: % of the control; Description of experience options see in the Table 1.

получить репрезентативные данные о влиянии на эти болезни изучаемых биопрепаратов.

**Биологическая эффективность обработки вегетирующих растений фунгицидами**

В защите ярового ячменя от листовых болезней применение биопрепаратов Витаплан СП и Трихоцин СП в чистом виде оказывалось малоэффективным, даже с учетом того, что соответствующие варианты опыта предусматривали двукратное их использование. Первая обработка, проводимая в фазу выхода в трубку ячменя, не приводила к достоверному снижению показателей развития гельминтоспориоза на среднем ярусе листьев. Назначение второй обработки, которая проводилась в фазу колошения ячменя, – защита от болезней двух верхних листьев. Защитный эффект обработки на 1-м подфлаговом листе проявлялся слабо и не во все годы (табл. 6).

По данным 2016 г., в зависимости от нормы применения защитный эффект составлял 5,4–11,8% для препарата Витаплан (вар. 5 и 8, табл. 6), 4,4% – для препарата Трихоцин (вар. 6 и 9) и 2,5–7,4% – для их смесей (вар. 7 и 10). В то же время обозначилась более выраженная и устойчивая защита от поражения гельминтоспориозом флагового листа. Снижение развития

данного заболевания на флаг-листе составляло по усредненным данным 2015–2016 гг. 11,6, 8,4 и 16,9% при обработке растений ярового ячменя препаратами Витаплан, Трихоцин и их смесями (вар. 5–10) соответственно. Полученные данные во многом согласуются с результатами оценки эффективности биопрепарата Витаплан СП против гельминтоспориозной пятнистости ярового ячменя в южной лесостепи Западной Сибири [30]. Так, двукратная обработка растений данным препаратом в норме 40 г/га характеризовалась невысокой и нестабильной по годам биологической эффективностью, а также не оказывала существенного влияния на урожайность зерна ячменя обоих изучаемых в работе сортов [30].

Варианты опыта, предусматривающие однократную обработку посевов баковой смесью препарата Витаплан, СП с химическими фунгицидами в уменьшенной норме применения, уступали по эффективности последним в полной норме расхода на 12,7%. Наилучший результат достигался применением вар. 13 (см. табл. 6). Таким образом, благодаря наличию биопрепаратов в баковой смеси, снижение нормы расхода химических фунгицидов в 2 раза не приводило к соответствующему ослаблению защитного эффекта от обработки.

**Влияние обработки вегетирующих растений биопрепаратами и их смесями с химическими фунгицидами на развитие гельминтоспориозной пятнистости листьев ярового ячменя в разном ярусном положении****Influence of treatment of vegetating plants with biological preparations and their mixtures with chemical fungicides on the development of helminthosporous spots of spring barley leaves**

Вариант опыта	2015 г.				2016 г.			
	1-й подфлаговый лист		флаговый лист		1-й подфлаговый лист		флаговый лист	
	R	БЭ	R	БЭ	R	БЭ	R	БЭ
1	5,3±0,7	–	8,6±1,6	–	20,3±2,5	–	38,2±1,9	–
2	4,8±0,9	9,4	3,3±0,5	61,6	8,1±1,9	60,1	17,6±3,3	53,9
3	3,0±0,4	43,4	2,5±0,4	70,9	10,5±2,9	48,3	17,1±1,5	55,2
4	3,7±1,0	30,2	2,1±0,3	75,6	8,8±1,5	56,7	14,3±2,3	62,6
5	8,5±1,8	0	7,8±1,2	9,3	19,2±2,3	5,4	33,7±1,5	11,8
6	7,1±1,7	0	7,5±1,4	12,8	19,4±2,1	4,4	33,1±2,2	13,4
7	5,8±1,4	0	5,8±1,1	32,5	18,8±1,8	7,4	33,1±2,5	13,4
8	5,8±1,1	0	6,5±1,3	24,4	17,9±2,3	11,8	38,0±1,2	0,5
9	6,6±2,1	0	8,1±1,8	5,8	19,4±3,0	4,4	37,6±1,5	1,6
10	7,1±2,0	0	8,2±1,6	4,7	19,8±2,8	2,5	31,7±2,4	17,0
11	6,5±1,9	0	4,8±1,2	44,2	8,7±1,2	57,1	21,4±1,4	44,0
12	2,4±0,4	54,7	4,0±0,9	53,5	8,6±0,9	57,6	22,9±2,2	40,1
13	2,8±0,3	47,2	2,5±0,4	70,9	8,6±1,4	57,6	18,6±2,8	51,3
НСР <sub>05</sub>	3,0	–	2,3	–	5,5	–	5,1	–

Примечание: Обозначение вариантов см. в табл. 2.

Note: description of experience options see in the Table 2.

**Хозяйственная эффективность обработки вегетирующих растений фунгицидами**

В годы слабого проявления гельминтоспориозной пятнистости статистический анализ не выявлял достоверных различий в хозяйственной эффективности изучаемых вариантов опыта по обработке вегетирующих растений ярового ячменя фунгицидами. Значения урожайности и основных элементов структуры урожая ячменя в 2014 и 2015 гг. практически не отличались от контроля. В условиях сильного поражения ярового ячменя гельминтоспориозом, наблюдаемом в 2016 г., обработки вегетирующих растений химическими фунгицидами и их смесями с биопрепаратом Витаплан СП оказывали статистически значимое влияние на урожайность и продуктивные характеристики культуры (табл. 7).

Под влиянием первых из них превышение контрольного варианта по массе 1000 зерен составляло 6–7%, по массе зерна с колоса – 18–23%, массе зерна с единицы площади посева – 15–34%. Варианты с применением баковых смесей со сниженной нормой расхода химических фунгицидов уступали по величине сформированной урожайности на 8%. Из них наилуч-

ший результат показала смесь из препаратов Витаплан и Зантара (табл. 7, вар. 13), при обработке растений которой величина сохраненного урожая составила 3,5 ц/га или 26%.

Применение биопрепаратов Витаплан СП и Трихоцин СП в чистом виде и в смесях в защите ярового ячменя от гельминтоспориозных пятнистостей на протяжении всех лет исследований не приносило хозяйственного эффекта по причине их низкой биологической эффективности в отношении данного заболевания.

По результатам проведенных исследований можно констатировать низкую эффективность микробиологических препаратов на основе двух штаммов бактерий *B. subtilis* (Витаплан СП) и почвенного гриба *T. harzianum* (Трихоцин СП) в защите ярового ячменя от болезней на Северо-Западе РФ. Обработка посевного материала данными препаратами в зависимости от нормы расхода приводила к снижению развития гельминтоспориоза на зерне на 34–44%, корневой гнили и гельминтоспориозной пятнистости листьев – в пределах 35%. Более высокий биологический и хозяйственный эффект достигался при обработке партий семян с низкой степенью зараженности

**Влияние обработки вегетирующих растений биопрепаратами и их смесями с химическими фунгицидами на урожайность ярового ячменя (2016 г.)****Influence of treatment of vegetating plants with biological preparations and their mixtures with chemical fungicides on yield and main elements crop structure of spring barley (2016)**

Вариант опыта	Масса зерна, г				Урожайность	
	с колоса	%	1000 шт	%	г/м <sup>2</sup>	%
1	0,39±0,02	100	26,5±0,3	100	136,4±10,1	100
2	0,46±0,03	118	28,3±0,5	107	156,4±6,9	115
3	0,48±0,04	123	28,3±0,3	107	183,2±12,8	134
4	0,46±0,04	118	28,2±0,4	106	175,6±20,3	129
5	0,40±0,03	103	26,3±0,3	99	148,4±14,0	109
6	0,37±0,03	95	25,5±0,8	101	132,0±12,0	97
7	0,37±0,03	95	26,7±0,4	101	140,4±17,5	103
8	0,39±0,04	100	26,7±0,5	101	140,4±19,0	103
9	0,37±0,02	95	25,8±0,3	97	128,8±10,2	94
10	0,34±0,03	87	26,1±0,4	98	121,6±15,1	89
11	0,43±0,03	110	27,8±0,4	105	158,8±17,9	116
12	0,42±0,04	108	28,3±0,5	107	154,8±19,5	113
13	0,45±0,04	115	27,3±0,5	103	171,2±15,5	126
НСР <sub>05</sub>	0,09	–	1,3	–	9,4	–

Примечание: % – процент к контролю. Описание вариантов см. в табл. 2.

Note: % of the control; Description of experience options see in the Table 2.

основным возбудителем корневой гнили, что позволяет рекомендовать их к применению в этом конкретном случае. При этом использовать более высокие нормы расхода, чем рекомендовано регистрантом, не целесообразно, ввиду отсутствия достоверно более высокого защитного эффекта.

Эффективным способом снижения пестицидной нагрузки на посевы ярового ячменя является совместное применение препарата Витаплан СП в баковой смеси со сниженными нормами расхода химических фунгицидов. При этом снижение эффективности защитного мероприятия, по сравнению с обработкой химическими препаратами в чистом виде и полной норме расхода, в отношении корневой гнили составляло 17,0%, гельминтоспориозной пятнистости – 12,7%. Смеси химических препаратов с биопрепаратом Витаплан СП, защитный эффект которых в зависимости от погодных условий составлял 40–70%, целесообразно использовать при средней степени зараженности семян возбудителями корневой гнили и прогнозируемом умеренном развитии листовых болезней. В защите от корневой гнили наилучший результат по биологической и хозяйственной эффективности наблюдался при обработке семян смесью из препаратов Витаплан СП (20 г/т) и Винцит Форте КЭ (0,6 л/т), в защите от гельминтоспориозной пятнистости – Витаплан СП (20 г/га) и Зантара КЭ (0,4 л/га).

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Гришечкина Л.Д., Коренюк Е.Ф., Милютенкова Т.И., Силаев А.И. Микробиологические препараты на основе *Bacillus subtilis* для защиты с/х. культур от болезней. Биологическая защита растений, как основа экологического земледелия и фитосанитарной стабилизации агроэкосистем. Сборник трудов конференции, 2010, (6), 407–409.
2. Винничук Т.С., Болоховская В.А. Эффективность комплексных микробиологических препаратов на основе бактерий рода *Bacillus* и микромицетов рода *Trichoderma* против семенной инфекции зерновых культур. Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Сборник трудов конференции. Краснодар: ООО РА «Гранат», 2012, (7), 169–172.
3. Злотников А.К., Алехин В.Т., Волкова Г.В. Фунгицидные свойства регулятора роста Альбит. *Земледелие*, 2007, (1), 38–41.
4. Боровая В.П. Биологический метод защиты озимого ячменя от болезней. Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Краснодар: ИП Тафинцев А.Г., 2008, (5), 451–453.
5. Попов Ю.В. Тактика использования препаратов против болезней зерновых культур. Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Краснодар: ИП Тафинцев А.Г., 2008, (5), 513–516.
6. Григорьев М.Ф., Хохлова И.К., Зинченко В.А. Эффективность биологических средств защиты растений в подавлении обыкновенной корневой гнили ячменя. *Известия ТСХА*, 2010, (5), 57–65.

7. Колесников Л.Е., Новикова И.И., Сурин В.Г., и др. Оценка эффективности совместного применения хитозана и микробов-антагонистов в защите яровой мягкой пшеницы от болезней с использованием спектрометрического анализа. *Прикл. биохим. микробиол.*, 2018, 54(5), 546–552. doi: 10.1134/S0555109918050082
8. Курылева А.Г., Фатыхов И.Ш. Эффективность предпосевной обработки семян ячменя. *Защита и карантин растений*, 2012, (1), 21–22.
9. Алехин В.Т., Сергеев В.Р., Злотников А.К. и др. Альбит на зерновых культурах и сахарной свекле. *Защита и карантин растений*, 2006, (6), 26–27.
10. Семынина Т.В. Эффективность баковых смесей для обработки семян зерновых культур. *Защита и карантин растений*, 2008, (2), 35–37.
11. Зазимко М.И., Бузько В.Ю., Сидак П.В. и др. Комплексная защита озимой пшеницы от корневых гнилей. Корневые гнили с/х культур: биология, вредность, системы защиты. Краснодар: Краснодар: Кубанский гос. аграр. ун-т, Сборник трудов конференции, 2014, 173–183.
12. Немченко В.В., Кекало А.Ю., Заргарян Н.Ю., Цыпышева М.Ю. Защита яровой пшеницы от болезней в условиях Зауралья. Современные системы и методы фитосанитарной экспертизы и управления защитой растений. Большие Вяземы, Большие Вяземы: Всеросс. НИИ фитопатологии, 2015, 381–386.
13. Цыпышева М.Ю. Эффективность совместного применения биологических и химических фунгицидов на яровой пшенице. Современные системы и методы фитосанитарной экспертизы и управления защитой растений. Большие Вяземы: Всеросс. НИИ фитопатологии, 2015, 294–299.
14. Хазиев А.З., Зайцева Т.В., Хакимуллина Ф.М. Роль протравливания семян в борьбе с корневыми гнилями. *Защита и карантин растений*, 2015, (3), 20–23.
15. Андросова В.М., Диденко А.О. Применение препарата Псевдобактерин-3 на озимой пшенице в условиях Западного Предкавказья. *Вест. зац. раст.*, 2016, (3), 20–21.
16. Боронин А.М., Кочетков В.В. Эффективный биофунгицид для защиты растений. *Агро 21*, 2003, (1–6), 64–66.
17. Подварко А.Т., Сковпень Л.Н., Злотников А.К. Определение оптимального срока обработки Альбитом, ТПС вегетирующих растений озимой пшеницы сорта Калым. *Вест. зац. раст.*, 2016, (3), 130–131.
18. Доронин В.Г., Ледовский Е.Н., Кривошеева С.В. Защита посевов ярового ячменя от листостеблевых болезней в южной лесостепи Западной Сибири. *Вест. Бурятской ГСХА*, 2017, (2), 6–12.
19. Список пестицидов и агрохимикатов разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М.: АНО «Редакция журнала «*Защита и карантин растений*», 2017, 792 с.
20. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: СПб.: Всеросс. НИИ защиты растений, 2009, 378 с.
21. Алехин В.Т., Слободянюк В.М., Злотников А.К. Хозяйственная и экономическая эффективность альбита. *Защита и карантин растений*, 2005, (9), 26–27.
22. Бегунов И.И., Злотников А.К., Подварко А.Т. и др. Баковые смеси альбита, тпс с химическими фунгицидами против болезней озимой пшеницы. Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Краснодар: ИП Тафинцев А.Г., 2008, (5), 448–450.
23. Лавринова В.А. Защита семян и растений – залог хорошего урожая ячмен. *Защита и карантин растений*, 2011, (1), 24–25.
24. Попов Ю.В. Метод оценки развития корневых гнилей зерновых культур. *Защита и карантин растений*, 2011, (8), 45–47.
25. Abbott W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, 1925, (18), 265–267.
26. Шпанев А.М., Денисюк Е.С. Особенности развития основных болезней ярового ячменя в Северо-Западном регионе. Современная микология в России. М.: Общероссийская общественная организация «Общественная национальная академия микологии», 2017, 7, 114–115.
27. Рогожникова Е.С., Шпанев А.М., Фесенко М.А. Влияние удобрений на поражение ярового ячменя болезнями в 4-й агроклиматической зоне Ленинградской обл. *Вест. зац. раст.*, 2016, (4), 56–61.
28. Разина А.А., Дятлова О.Г. Эффективность биологических препаратов против корневой гнили яровой пшеницы в условиях Прибайкалья. Фундаментальные и прикладные исследования в биоорганическом сельском хозяйстве России, СНГ и ЕС. Большие Вяземы: Печатный город, 2016, 2, 440–447.
29. Ишкова Т.И., Назаровская Л.А. Фитосанитарная обстановка на посевах серых хлебов в Северо-Западном регионе России. Агротехнический метод в защите растений от вредных организмов. Краснодар: Кубанский гос. аграр. ун-т, 2002, 13–15.
30. Доронин В.Г., Ледовский Е.Н., Кривошеева С.В. Эффективность защиты яровой мягкой пшеницы от листостеблевых болезней в южной лесостепи Западной Сибири. *Вест. Бурятской ГСХА*, 2018, (3), 15–21.

# 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

A. M. SHPANEV<sup>1,2,\*</sup>, E. S. DENISYUK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FGBNU Agrophysical Research Institute, Saint-Petersburg, 195220 Russia

<sup>2</sup>FGBNU All-Russian Institute of Plant Protection, Saint-Petersburg, 196608 Russia

\*e-mail: ashpanev@mail.ru

Received August 26, 2019

Revised October 09, 2019

Accepted October 23, 2020

**Abstract** – The efficacy of microbiological plant protection specimens based on *Bacillus subtilis* (Vitapan, SP) and *Trichoderma harzianum* (Trikhotsin, SP) was studied on such spring barley diseases as a root rot and Helminthosporium leaf spot. The use of these biological products in the treatment of seeds and vegetative plants of spring barley was ineffective, namely a decrease in the development of root rot and helminthosporium disease did not exceed 35%. A greater protective effect was achieved when using studied preparations for treating seeds with a low degree of infection with the main pathogen of root rot. The use of Vitapan in a tank mixture with reduced consumption rates of the chemical fungicides was less effective than pure chemicals with full consumption rates: the decrease was 17% for root rot and 12.7% for Helminthosporium leaf spot. Thus, it is advisable to use mixtures of chemicals with the Vitapan as a biological for treatment of seeds with an average degree of infection by root rot pathogens and a predicted moderate development of Helminthosporium disease.

*Key words:* spring barley, biological plantprotecting agents, root rot, protective efficiency.

**doi:** 10.21519/0234-2758-2020-36-1-61-72