

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ КОНТРОЛЯ
ГЕЛЬМИНТОСПОРИОЗНЫХ ПЯТНИСТОСТЕЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ****Р. И. Сафин, Н. А. Медведев**

Реферат. Проведена оценка видового состава гельминтоспориозных пятнистостей ярового двурядного ячменя. Установлено, что преобладающим микозом данного типа в период 2022-2025 годы на культуре была темно-бурая пятнистость (патоген – *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker). В полевых условиях (серая лесная среднесуглинистая почва) в 2022-2024 годы проведена оценка влияния применения биопрепаратов на основе эндофитных бактерий на развитие гельминтоспориозных пятнистостей листьев ярового ячменя сорта Раушан. Применение для обработки семян и опрыскивания посевов биопрепарата на основе эндофитной бактерии (*Bacillus mojavensis* PS-17) оказывает значительное положительное влияние на снижение поражения растений ярового ячменя всеми гельминтоспориозными пятнистостями (биологическая эффективность против темно-бурой пятнистости составила – 21,7%; сетчатой пятнистости – 35,1%). При этом отмечался рост урожайности на 0,87 т/га или на 17% к варианту без обработок. В 2025 году, в условиях благоприятных для развития болезней типа пятнистостей, на яровом ячмене сорта Память Чепелева проводились испытания эффективности смесевых биопрепаратов (эндофитные бактерии в смеси с янтарной кислотой) при однократном и двукратном применении. Было установлено, что использование таких препаратов, особенно при двукратной обработке, способствует снижению поражения листовой поверхности темно-бурой пятнистостью и сетчатой пятнистостью. Биологическая эффективность контроля составила для первого микоза – 20,8-21,9%, для второго – 18,3-19,4%. Применение препарата на основе янтарной кислоты и *Bacillus spp.* KS-63 AU привело к увеличению урожайности ярового ячменя на 0,55 т/га (на 19%) к контролю. В результате исследований показана перспективность использования биологических препаратов на основе эндофитных бактерий для применения в качестве биологических приемов защиты, в том числе в органическом производстве ярового ячменя.

Ключевые слова: болезни растений, микозы, пятнистости листьев, гельминтоспориозы, биологическая защита, биопрепараты, яровой ячмень.

Для цитирования: Сафин Р.И., Медведев Н.А. Особенности развития и биологические приемы контроля гельминтоспориозных пятнистостей ярового ячменя / Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2025. 4 (16). С. 46-52 <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2025-4-4-46-52>

Введение. Яровой ячмень остается важнейшей продовольственной и кормовой зерновой культурой в Российской Федерации и в мире [1, 2]. Среди факторов, ограничивающих рост урожайности и значительно ухудшающих качественные характеристики зерна ячменя, особое место занимают микозы, ущерб от которых может достигать значительного уровня [3, 4]. К числу наиболее распространенных и вредоносных болезней грибной этиологии относятся пятнистости листьев, вызываемые грибами, исторически относящимися к группе «гельминтоспориозов», т.к. первоначально фитопатогены данной группы относились к роду *Helminthosporium* [5, 6, 7]. К числу таких болезней относятся – темно-бурая пятнистость (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker (телеоморфа *Cochliobolus sativus* (S. Ito & Kurib.)), сетчатая пятнистость (*Drechslera teres* (Sacc.) Shoem (телеоморфа *Pyrenophora teres* Drechsler)), полосатая пятнистость (*Drechslera graminea* (Rabenh.) Shoemaker (телеоморфа *Pyrenophora graminea* S. Ito et Kurib.)) [8, 9, 10]. Данные заболевания распространены в Республике Татарстан и относятся к числу важнейших объектов контроля в зональных системах защиты культуры [11].

Для контроля гельминтоспориозных пятнистостей ярового ячменя применяются различные химические фунгициды, прежде всего, относящиеся к группе триазолов [12, 13]. Однако, с учетом роста рисков развития резистентности

к системным фунгицидам у фитопатогенов и необходимостью экологизации производства зерна, все большее значение приобретает разработка биологических методов контроля болезней, в том числе и на яровом ячмене. Перспективность данного направления подтверждается в целом ряде исследований [14, 15]. В качестве биологических агентов биофунгицидов, применяемых на яровом ячмене, высокую активность показывают препараты на основе бактерий рода *Bacillus* [16, 17, 18]. К числу таких микроорганизмов относятся и эндофитные бактерии, выделенные из растений, обладающие высокой активностью в отношении контроля различных фитопатогенов [19, 20]. Кроме того, имеются сведения о высокой активности ряда органических кислот, в частности янтарной кислоты в повышении устойчивости растений к болезням и абиотическим стрессам [21, 22].

Целью работы было изучение особенностей распространения гельминтоспориозных пятнистостей и оценка эффективности биологических методов их контроля на яровом двурядном ячмене зернофуражного назначения в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан.

Условия, материалы и методы. Учеты развития листовых болезней и два полевых опыта проводились в период 2022-2025 годы на опытных участках (Агробιοтехнопарк Казанского ГАУ, опытные поля кафедры общего

земледелия, защиты растений и селекции) вблизи населенного пункта Нармонка, расположенного в Предкамье Республики Татарстан. Учет поражения растений в фазы выхода в трубку, колошения и молочной спелости, при оценке роли различных гельминтоспориозных пятнистостей в многолетней динамике проводился на восприимчивом сорте Рушан на делянках, где не применялись фунгициды.

Опыт 1. Оценка эффективности применения биопрепарата на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS-17 (2022-2024 годы).

Объект исследований – среднеспелый сорт ярового двурядного пленчатого ячменя Раушан (отличается восприимчивостью к гельминтоспориозной пятнистости).

Схема опыта: 1. Контроль (без обработки биопрепаратом). 2. Обработка семян, 1 л/т; 3. Обработка растений (опрыскивание в фазу выхода в трубку и в фазу колошения с нормой расхода рабочей жидкости 200 л/га), 1 л/га. 4. Сочетание обработки (обработка семян + обработка растений).

Общая площадь делянки – 25 м², учетная – 20 м². Повторность в опыте – трехкратная. Предшественник в опыте – чистый пар.

Штамм *Bacillus mojavensis* PS-17 входит в состав биопрепарата Системика М (ООО «Органик Парк»).

Опыт 2. Оценка эффективности применения биопрепарата на основе эндофитных бактерий и янтарной кислоты (2025 г).

Объект исследований – среднеспелый сорт ярового двурядного пленчатого ячменя Память Чепелева (умеренно устойчив к полосатой пятнистости).

Схема опыта: 1. Контроль (без обработки биопрепаратом). 2. Однократная обработка препаратом (*Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU + янтарная кислота) в фазу выхода в трубку. 3. Однократная обработка препаратом (*Bacillus spp.* KS-63 AU + янтарная кислота) в фазу выхода в трубку. 4. Двукратная обработка препаратом (*Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU + янтарная кислота) в фазу выхода в трубку и в фазу колошения. 5. Двукратная обработка препаратом (*Bacillus spp.* KS-63 AU + янтарная кислота) в фазу выхода в трубку и в фазу колошения.

Штамм *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU выделен из семян яровой пшеницы и депонирован в Сетевой биоресурсной коллекции в области генетических технологий для сельского хозяйства (RCAM) при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии» (ФГБНУ ВНИИСХ) и включен в коллекцию под номером RCAM06734.

Штамм *Bacillus velezensis* KS-63 AU выделен из семян сои и находится на этапе депонирования.

Соотношение в биопрепарате культуральной жидкости биоагентов и раствора органической кислоты – 1 : 1. Во всех опытных вариантах использовалась норма расхода препарата 1 л/га.

Расход рабочей жидкости – 200 л/га.

Общая площадь делянки – 25 м², учетная – 20 м². Повторность в опыте – трехкратная. Предшественник в опыте – яровая пшеница.

В обоих опытах норма высева всхожих семян составила 5,5 млн. шт./га. Агротехнология возделывания соответствовала зональным рекомендациям. Перед посевом вносилась нитроаммофоска (150 кг/га в физическом весе). Почва опытных участков (серая лесная среднесуглинистая) отличается высоким содержанием гумуса (3,2-3,9%), обменного калия (159-161 мг/кг), подвижного фосфора (275-281 мг/кг) при реакции почвенного раствора близкой к нейтральной (почва высококультуренная).

Вегетация 2022 и 2023 годы отличались засушливыми условиями (ГТК = 0,33-0,66), в 2024 году условия были относительно благоприятными (ГТК = 0,94), а в 2025 году отмечались периоды с большим количеством осадков (ГТК = 1,79), что отразилось на развитии болезней. Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывали по Селянинову за период май-август по данным метеопоста Казанского ГАУ.

Учет болезней проводился в период вегетации (в фазу выхода в трубку, колошения, молочной спелости) в соответствии с рекомендациями для ячменя. Для учета темно-бурой и полосатой пятнистой использовались четырехбалльная шкала, для учета сетчатой пятнистости – визуальная шкала А.Е. Чумакова, Т.И. Захаровой [23]. На основании полученных данных, рассчитывался показатель развития болезни (в фазы выхода в трубку, колошения и молочной спелости), а затем определялся показатель в среднем за учеты. Расчет биологической эффективности контроля болезней проводилась согласно «Методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве» по стандартной формуле Аббота.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета программ Statistica 6.0 и Excel. Дисперсионный анализ проводился по Б.А. Доспехову при уровне значимости $P = 0,05$.

Результаты и обсуждения. Данные по итогам учетов развития листовых гельминтоспориозных пятнистостей представлены в таблице 1.

Во все годы исследований преобладающим микозом на листьях ярового ячменя была темно-бурая пятнистость (среднее за годы исследований развитие болезни 23,3%), несколько в меньшей степени растения поражались сетчатой пятнистостью, а полосатая пятнистость регистрировалась только в 2025 году, отличающегося большим количеством осадков. В тоже время, анализ коэффициента вариации показателя показал, что значения развития болезней для сетчатой пятнистости были более стабильными по годам (коэффициент вариации 11,1%), чем для темно-бурой пятнистости (коэффициент вариации – 16,9%). Максимальные значения для всех заболеваний складывались в условиях более увлажненного 2025 года.

АГРОНОМИЯ

Таблица 1 – Развитие листовых гельминтоспориозных пятнистостей на яровом ячмене сорта Раушан (в среднем за вегетацию), %, 2022-2025 годы

Год исследований (ГТК за вегетацию)	Заболевание		
	темно-бурая пятнистость	сетчатая пятнистость	полосатая пятнистость
2022 (ГТК=0,33)	24,0	22,7	0
2023 (ГТК = 0,66)	17,7	17,3	0
2024 (ГТК=0,94)	24,7	20,7	0
2025 (ГТК= 1,79)	26,9	21,0	4,9
В среднем за 2022-2025 годы	23,3	20,4	1,2
Коэффициент вариации, %	16,9	11,1	

Примечание: с учетом отсутствия в период 2022-2024 годы на посевах полосатой пятнистости, коэффициент вариации для данного заболевания не рассчитывался

Во все годы исследований преобладающим микозом на листьях ярового ячменя была темно-бурая пятнистость (среднее за годы исследований развитие болезни 23,3%), несколько в меньшей степени растения поражались сетчатой пятнистостью, а полосатая пятнистость регистрировалась только в 2025 году, отличающегося большим количеством осадков. В тоже время, анализ коэффициента вариации показателя показал, что значения развития болезней для сетчатой пятнистости были более стабильными по годам

(коэффициент вариации 11,1%), чем для темно-бурой пятнистости (коэффициент вариации – 16,9%). Максимальные значения для всех заболеваний складывались в условиях более увлажненного 2025 года.

С целью оценки влияния применения биопрепарата на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS-17 на болезни проводился фитопатологический мониторинг посевов и рассчитывался показатель биологической эффективности (по формуле Аббота) их контроля (табл. 2).

Таблица 2 – Развитие листовых гельминтоспориозных пятнистостей (числитель) и биологическая эффективность контроля (знаменатель) на яровом ячмене сорта Раушан при использовании биопрепарата на основе *Bacillus mojavensis* PS-17 (в среднем за вегетацию), %, 2022-2024 годы

Вариант	Заболевание		
	темно-бурая пятнистость	сетчатая пятнистость	полосатая пятнистость
Контроль	22,1	20,2	0
Обработка семян	19,2/13,1	15,0/25,7	0
Обработка растений	19,4/12,2	14,6/27,7	0
Обработка семян + обработка растений	17,3/21,7	13,1/35,1	0
НСР ₀₅	1,1	0,8	

Полученные результаты подтвердили, что биопрепарат на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS-17, оказывает положительное влияние на снижение поражения растений гельминтоспориозными пятнистостями. В большей степени данный эффект проявился в отношении сетчатой пятнистости, в меньшей – для темно-бурой пятнистости.

Максимальные значения биологической эффективности (21,7% для темно-бурой пятнистости и 35,1% для сетчатой пятнистости) отмечали при комбинированной обработке – обработка семян + обработка растений.

В результате применения биопрепарата отмечался и рост урожайности ярового ячменя (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность ярового ячменя сорта Раушан при использовании биопрепарата на основе *Bacillus mojavensis* PS-17, т/га, 2022-2024 годы

Вариант	2022 г	2023 г	2024 г	Средняя за 3 года	Прибавка	
					т/га	%
Контроль	5,42	4,72	5,22	5,12		
Обработка семян	5,94	5,15	5,27	5,45	0,33	6,4
Обработка растений	6,40	5,52	5,32	5,75	0,63	12,3
Обработка семян + обработка растений	6,60	5,77	5,60	5,99	0,87	17,0
НСР ₀₅	0,21	0,27	0,16			

Эффективность лишь обработки семян и только опрыскивания биопрепаратом различалась по годам, если в более засушливых

условиях (2022 и 2023 годы) они обеспечили достоверный рост урожайности в сравнении с контролем, то в более благоприятном

АГРОНОМИЯ

2024 году такого эффекта не отмечалось. В то же время, сочетание обработки семян и обработки растений, во все годы исследований приводила к росту величины урожая, причем в среднем за годы исследований он достиг

уровня 17,0% к контролю.
С целью расширения спектра активности, проведены исследования по оценке эффективности биопрепаратов на основе эндофитных бактерий и янтарной кислоты (табл. 4).

Таблица 4 – Развитие листовых гельминтоспориозных пятнистостей и биологическая эффективность контроля на яровом ячмене сорта Память Чепелева при использовании биопрепарата, 2025 год

Вариант	Развитие болезни, %		Биологическая эффективность, %	
	темно-бурая пятнистость	сетчатая пятнистость	темно-бурая пятнистость	сетчатая пятнистость
Контроль	16,0	15,3		
Однократная обработка				
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KS-25 AU + янтарная кислота	16,0	13,0	0	15,0
<i>Bacillus spp.</i> KS-63 AU + янтарная кислота	16,3	13,3	0	12,9
Двукратная обработка				
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KS-25 AU + янтарная кислота	12,7	12,3	20,8	19,4
<i>Bacillus spp.</i> KS-63 AU + янтарная кислота	12,5	12,5	21,9	18,3
HCP ₀₅	0,61	0,54		

Эффективность биопрепаратов сильно зависела от кратности обработки, если при однократном применении, практически не оказали существенного влияния на развитие темно-бурой пятнистости, то при двукратном опрыскивании посевов отмечается снижение развития обоих микозов, причем уровень биологической эффективности против темно-бурой пятнистости (20,8-21,9%), был выше, чем для сетчатой пятнистости (18,3-19,4%). Низкая

эффективность однократной обработки биопрепаратами может быть связана с очень благоприятными условиями для развития листовых гельминтоспориозов в условиях 2025 года. Значительных различий по эффективности контроля между препаратами с разными штаммами эндофитных бактерий не отмечалось.
Применение биопрепаратов оказало влияние и на урожайность ярового ячменя (табл. 5).

Таблица 5 – Урожайность ярового ячменя сорта Память Чепелева при использовании биопрепарата, т/га, 2025 год

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка урожая	
		т/га	%
Контроль	2,90		
Однократная обработка			
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KS-25 AU + янтарная кислота	3,16	0,26	9,0
<i>Bacillus spp.</i> KS-63 AU + янтарная кислота	3,29	0,39	13,4
Двукратная обработка			
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KS-25 AU + янтарная кислота	3,24	0,34	11,7
<i>Bacillus spp.</i> KS-63 AU + янтарная кислота	3,45	0,55	19,0
HCP ₀₅	0,12		

Во всех вариантах с применением биопрепаратов отмечался достоверный рост урожайности (на 9,0-19,0% к контролю). При оценке различных препаратов установлено, что препарат на основе штамма *Bacillus spp.* KS-63 AU как при однократном, так и при двукратном применении оказывает более выраженное положительное влияние на урожайность ярового ячменя, чем биопрепарат на основе *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU. В целом по опыту, наибольшая урожайность (3,45 т/га или на 19% выше, чем в контроле) была при двукратной обработке составом *Bacillus spp.* KS-63

AU + янтарная кислота.
Выводы. В течение последних четырех лет (2022-2025 годы), преобладающим микозом из группы гельминтоспориозных листовых пятнистостей, в условиях места проведения опытов, была темно-бурая пятнистость, но ее развитие сильно варьировало по годам, тогда как для сетчатой пятнистости вариация показателя развития болезни изменялась в меньшей степени.
Использование для обработки семян и последующего опрыскивания биопрепаратом на основе *Bacillus mojavensis* PS-17 оказывает

положительное влияние на формирование урожая ярового ячменя и снижает развитие листовых болезней.

Показана перспективность использования биопрепаратов на основе янтарной кислоты и

эндофитных бактерий (особенно штамма *Bacillus spp.* KS-63 AU) при двукратной обработке на яровом ячмене даже в условиях благоприятных для развития листовых микозов.

Литература

1. Кумратова А.М., Алешенко В.В. Продуктивность зернового производства в России: тенденции и перспективы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 142-146. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-142-146>.
2. Soare E., Bold N., Stoicea P., David L., Dobre C.-A., A.-R. Firătoiu, Survey on the worldwide barley production and trade //Bulg. J. Agric. Sci., 2023. Vol. 29 (1), P.119–124.
3. Выявление источников устойчивости ярового ячменя к листовым болезням и каменной головне/ Н.В. Шишкин, Т.Г. Дерова, Е.С. Дорошенко и др. // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5(71). С. 86-90. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-71-5-86-90>.
4. Wiewióra B, Żurek G. The infection of barley at different growth stages by *bipolaris sorokiniana* and its effect on plant yield and sowing value //Agronomy. 2024; Vol. 14(6):1322. <https://doi.org/10.3390/agronomy14061322>.
5. Backes A, Guerriero G, Ait Barka E, Jacquard C. *Pyrenophora teres*: taxonomy, morphology, interaction with barley, and mode of control //Front Plant Sci. 2021 Apr 6;12:614951. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.614951>.
6. Левакова О.В., Ершова Л.М. Устойчивые к гелиминтоспориозным пятнистостям высокоурожайные сорта и линии ярового ячменя //Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 2. С. 33-35. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/2/33-35>.
7. Шешегова Т.К., Щенникова И.Н. Источники устойчивости ячменя к гелиминтоспориозным болезням и их использование в ФАНЦ Северо-Востока // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2020. № 2(55). С. 76-83. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-55-2-76-83>.
8. Ассоциированные с ячменём микромицеты и их значимость как возбудителей болезней в России / Ф. Б. Ганнибал, Е. В. Полуэктова, Я. В. Лукьянец и др. // Вестник защиты растений. 2023. Т. 106. № 4. С. 172-186. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2023-106-4-16116>.
9. Интегрированная защита ячменя ярового на Северо-Западе России / А. М. Шпанев, А. Б. Лаптев, Н. Р. Гончаров, В. В. Воронцов //Защита и карантин растений. 2020. № 6. С. 30-36.
10. Çelik Oğuz A., Karakaya A. Genetic diversity of barley foliar fungal pathogens// Agronomy. 2021. 11. 434. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030434>.
11. Каримова Л. З. Особенности формирования урожая ярового ячменя и развития гелиминтоспориозов на различных сортах ярового ячменя // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2012. Т. 7. № 1(23). С. 129-132.
12. Биологическая эффективность средств защиты растений в посевах ярового ячменя сорта Емеля / А. В. Бобровский, Н. С. Козулина, А. В. Василенко и др. // Защита и карантин растений. 2023. № 7. С. 22-24. https://doi.org/10.47528/1026-8634_2023_7_22.
13. Горянин О.И., Пронович Л.В. Влияние элементов технологий на эффективность возделывания ярового ячменя в засушливых условиях Поволжья // Достижения науки и техники АПК. 2024. Т. 38. № 6. С. 11-15. https://doi.org/10.53859/02352451_2024_38_6_11.
14. Коробов В.А., Морозов Д.О., Букреев В.В. Эффективность различных систем защиты ярового ячменя от болезней // Защита и карантин растений. 2023. – № 5. С. 16-17. https://doi.org/10.47528/1026-8634_2023_5_16.
15. Валидов Ш.З., Комиссаров Э.Н. Бактериальный консорциум на основе ризосферных бактерий ярового ячменя // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19. № 4(76). С. 12-17. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2024-12-17>.
16. Продуктивность яровых колосовых культур при применении биопрепаратов на основе - *Bacillus subtilis* в условиях Республики Татарстан / Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Р. И. Гараев и др. // Агро-биотехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 1(1). С. 28-34. <https://doi.org/10.12737/-2022-1-1-28-34>.
17. 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. <https://doi.org/10.21519/0234-2758-2020-36-1-61-72>.
18. Асатурица А.М., Жевнова Н.А., Сидоров Н.М., Кремнева О.Ю. Эффективность бактерий-антагонистов *Bacillus* и *Pseudomonas* в качестве агентов биоконтроля сетчатой пятнистости озимого ячменя в полевых условиях // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 10(311). С. 69-77. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-10-7>.
19. Влияние эндофитных бактерий *Bacillus subtilis* 26д и *Bacillus velezensis* m66 на устойчивость растений картофеля к возбудителю альтернариоза *Alternaria solani* / А. В. Сорокань, В. Ф. Габдрахманова, И. С. Марданшин, И. В. Максимов // Прикладная биохимия и микробиология. 2024. Т. 60. № 6. С. 623-631. <https://doi.org/10.31857/S0555109924060064>.
20. Weerasinghe V., Bakker M.G., Tucke J.R., Fernando W.G.D., Sura S., Badea A., Wijekoon C. Comparison of bacterial endophytes in barley grains infected and non-infected with fusarium head blight using metabarcoding //Plant Pathol. 2025. 74: 2241-2255. <https://doi.org/10.1111/ppa.70015>.
21. Nyzhnyk T., Kiedrzyński M., Kiedrzyńska E. Salicylic and succinic acids as inducers of phytoimmunity in winter wheat for the management of powdery mildew (*Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. tritici) //BMC Plant Biol. 2025. 376. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06403-2>.
22. Влияние макроудобрений и стимуляторов роста на содержание хлорофилла в листьях яровой пшеницы / Н. А. Воронкова, В. А. Волкова, Н. А. Цыганова и др. // Плодородие. 2022. № 1(124). С. 17-21. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.124.05>.
23. Афанасенко О.С. Устойчивость ячменя к гембиотрофным патогенам // Идентифицированный генофонд растений и селекция. СПб.: ВИР, 2005. С. 592–609.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Работа выполнена в рамках государственного задания МСХ РФ по теме: «Разработка комплексных средств защиты растений от болезней на основе эндوفитных бактерий и органоминеральных составов».

Сведения об авторах:

Сафин Радик Ильясович - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, чл.-корр. АН РТ, заведующий кафедрой общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: radiksaf2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728>

Медведев Никита Андреевич - аспирант, старший преподаватель кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: nikitamedvedev170217@mail.ru
Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

DEVELOPMENT CHARACTERISTICS AND BIOLOGICAL CONTROL METHODS FOR
HELMINTHOSPORIUM SPOTS OF SPRING BARLEY

R. I. Safin, N. A. Medvedev

Abstract. The species composition of helminthosporium leaf spots on two-row spring barley was assessed. It was established that the predominant fungal infection of this type on the crop during the period 2022-2025 was dark brown leaf spot (pathogen: *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker). The effect of using endophytic bacteria-based biopreparations on the development of helminthosporium leaf spots on spring barley of Raushan variety was assessed under field conditions (gray forest medium loamy soil) from 2022-2024. The use of a biological product based on an endophytic bacterium (*Bacillus mojavensis* PS-17) for seed treatment and crop spraying has a significant positive effect on reducing the incidence of all helminthosporium leaf spot diseases in spring barley (biological efficacy against dark brown leaf spot was 21.7%; net leaf spot – 35.1%). Moreover, a yield increase of 0.87 t/ha or 17% compared to the untreated variant, was observed. In 2025, under conditions favorable for the development of leaf spot diseases, trials of the effectiveness of mixed biological products (endophytic bacteria mixed with succinic acid) with single and double applications were conducted on the Pamyat Chepeleva spring barley variety. It was found that the use of such preparations, especially when applied twice, helps reduce leaf surface damage by dark brown spot and net spot. The biological control effectiveness was 20.8-21.9% for the former and 18.3-19.4% for the latter. Application of a preparation based on succinic acid and *Bacillus* spp. KS-63 AU resulted in an increase in spring barley yield by 0.55 t/ha (19%) compared to the control. The research demonstrated the potential of using biological preparations based on endophytic bacteria as biological control methods, including in organic spring barley production.

Key words: plant diseases, mycoses, leaf spots, Helminthosporium wilt, biological control, biological preparations, spring barley.

For citation: Safin R.I., Medvedev N.A. Development characteristics and biological control methods for helminthosporium spots of spring barley. *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2025; 4(16). 46-52 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2025-4-4-46-52>

References

1. Kumratova AM, Aleshchenko VV. [Grain production productivity in Russia: trends and prospects]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021; Vol.16. 3(63). 142-146 p. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-142-146>.
2. Soare E, Bold N, Stoicescu P, David L, Dobrescu CA, Firaşoiu AR. Survey on the worldwide barley production and trade. *Bulg. J. Agric. Sci.* 2023; Vol.29 (1). 119-124 p.
3. Shishkin NV, Derova TG, Doroshenko ES. [Identification of sources of spring barley resistance to leaf diseases and stone smut]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii*. 2020; 5(71). 86-90 p. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-71-5-86-90>.
4. Wiewiora B, Zurek G. The infection of barley at different growth stages by *bipolaris sorokiniana* and its effect on plant yield and sowing value. *Agronomy*. 2024; Vol.14(6). 1322. <https://doi.org/10.3390/agronomy14061322>
5. Backes A, Guerriero G, Ait Barka E, Jacquard C. *Pyrenophora teres*: taxonomy, morphology, interaction with barley and mode of control. *Front Plant Sci.* 2021; Apr 6. 12. 614951. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.614951>.
6. Levakova OV, Eroshenko LM. [High-yielding varieties and lines of spring barley resistant to helminthosporium leaf spot]. *Vestnik Rossiyskoy selskokhozyaystvennoy nauki*. 2020; 2. 33-35 p. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/2/33-35>.
7. Sheshegova TK, Shchennikova IN. [Sources of barley resistance to helminthosporium diseases and their use in Federal Scientific Center of the North-East]. *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*. 2020; 2(55). 76-83 p. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-55-2-76-83>.
8. Gannibal FB, Poluektova EV, Lukyanets YaV. [Barley-associated micromycetes and their significance as pathogens in Russia]. *Vestnik zashchity rasteniy*. 2023; Vol.106. 4. 172-186 p. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2023-106-4-16116>.
9. Shpanev AM, Laptiev AB, Goncharov NR, Voropaev VV. [Integrated protection of spring barley in North-west of Russia]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2020; 6. 30-36 p.
10. Celik Oguz A, Karakaya A. Genetic diversity of barley foliar fungal pathogens. *Agronomy*. 2021; 11. 434 p. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030434>
11. Karimova LZ. [Features of spring barley yield formation and helminthosporiosis development on different varieties of spring barley]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2012; Vol.7. 1(23). 129-132 p.
12. Bobrovskiy AV, Kozulina NS, Vasilenko AV. [Biological efficiency of plant protection products in crops of spring barley of Emelya variety]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2023; 7. 22-24 p. https://doi.org/10.47528/1026-8634_2023_7_22.
13. Goryanin OI, Pronovich LV. [Influence of technological elements on the efficiency of spring barley cultivation in arid conditions of Volga region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2024; Vol.38. 6. 11-15 p. https://doi.org/10.53859/02352451_2024_38_6_11.
14. Korobov VA, Morozov DO, Bukreev VV. [Efficiency of various systems for protecting spring barley from diseases]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2023; 5. 16-17 p. https://doi.org/10.47528/1026-8634_2023_5_16.
15. Validov ShZ, Komissarov EN. [Bacterial consortium based on rhizosphere bacteria of spring barley]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024; Vol.19. 4(76). 12-17 p. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2024-12-17>.
16. Shaykhutdinov FSh, Serzhanov IM, Garaev RI. [Productivity of spring cereal crops using biopreparations based on *Bacillus subtilis* in the conditions of the Republic of Tatarstan]. *Agrobiotekhnologii i tsifrovoye zemledelie*. 2022; 1(1). 28-34 p. <https://doi.org/10.12737/-2022-1-1-28-34>.

17. Shpanev AM, Denisjuk ES. [Efficiency of microbiological preparations based on *Bacillus subtilis* and *Trichoderma harzianum* in protecting spring barley from diseases in the North-West of Russia]. *Biotekhnologiya*. 2020; Vol.36. 1. 61-72 p. <https://doi.org/10.21519/0234-2758-2020-36-1-61-72>.
18. Asaturova AM, Zhevnova NA, Sidorov NM, Kremneva OYu. [Efficiency of *Bacillus* and *Pseudomonas* antagonist bacteria as biocontrol agents for net blotch of winter barley under field conditions]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 2024; Vol.54. 10(311). 69-77 p. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-10-7>.
19. Sorokan AV, Gabdrakhmanova VF, Mardanshin IS, Maksimov IV. [Influence of endophytic bacteria *Bacillus subtilis* 26d and *Bacillus velezensis* m66 on the resistance of potato plants to the causative agent of alternaria leaf spot *Alternaria solani*]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2024; Vol.60. 6. 623-631 p. <https://doi.org/10.31857/S0555109924060064>.
20. Weerasinghe V, Bakker MG, Tucke JR, Fernando WGD, Sura S, Badea A, Wijekoon C. Comparison of bacterial endophytes in barley grains infected and non-infected with fusarium head blight using metabarcoding. *Plant Pathol*. 2025; 74. 2241-2255 p. <https://doi.org/10.1111/ppa.70015>.
21. Nyzhnyk T, Kiedrzyński M, Kiedrzyńska E. Salicylic and succinic acids as inducers of phytoimmunity in winter wheat for the management of powdery mildew (*Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. tritici). *BMC Plant Biol*. 2025; 376 p. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06403-2>.
22. Voronkova NA, Volkova VA, Tsyganova NA. [Effect of macrofertilizers and growth stimulants on chlorophyll content in spring wheat leaves]. *Plodorodie*. 2022; 1(124). 17-21 p. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.124.05>.
23. Afanasenko OS. [Barley resistance to hemibiotrophic pathogens]. *Identifitsirovannyi genofond rasteniy i selektsiya*. SPb.: VIR. 2005; 592-609 p.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest. This work was completed as part of a state assignment from Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the topic: "Development of integrated plant protection products against diseases based on endophytic bacteria and organomineral compounds".

Authors:

Safin Radik Ilyasovich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, corresponding member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Head of General Agriculture, Plant Protection and Breeding Department, e-mail: radiksaf2@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6276-5728>
 Medvedev Nikita Andreevich – post-graduate student, Senior Lecturer of General Agriculture, Plant Protection and Breeding Department, e-mail: nikitamedvedev170217@mail.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.