

## Распространение фитопатогенов на зерновых яровых культурах в Уральском регионе

А. Ю. Кекало<sup>1</sup>✉, Н. Ю. Заргарян<sup>1</sup>, В. В. Немченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: alena.kekalo@mail.ru

**Аннотация.** В Уральском регионе за последнее десятилетие в агротехнологиях произошло увеличение доли стерневых фонов возделывания зерновых культур, что влечет за собой особые фитосанитарные риски. Климатические изменения выражались в поступательном потеплении за последние 90 лет. **Целью** исследования являлось установление эффективности фунгицидной защиты пшеницы от вредоносного фитопатогена – бурой ржавчины – в современных условиях. Использована **методика** ВИЗР. **Научная новизна.** Оценено современное распространение фитопатогенов на зерновых культурах в регионе и предложены эффективные препараты для защиты пшеницы от бурой ржавчины. **Результаты.** Умеренное и эпифитотийное развитие листовых фитопатогенов на пшенице яровой имело место в 46 % лет. Именно в эти годы обязательно применение средств защиты растений фунгицидной направленности для сохранения урожайности пшеницы. Биологическую эффективность более 90 % против местного расового состава бурой листовой ржавчины обеспечили химические препараты, особенно выделялись варианты с сочетаниями действующих веществ пропиконазол + тебуконазол и тиофанат-метил + эпоксиконазол. Использование химической фунгицидной защиты растений сохраняло в годы эпифитотий 32–45 % урожайности, или 7,0–9,4 ц/га. В годы с умеренным поражением листовыми инфекциями прибавка продуктивности в среднем составляла 3,1–4,8 ц/га. В годы с активными засушливыми явлениями во второй половине вегетации проявление бурой ржавчины было единичным и хозяйственного значения не имело. Метод иммунной защиты может применяться активно, набор сортов яровой пшеницы с заданными параметрами для Уральского региона достаточно широк.

**Ключевые слова:** фитопатогены, площади распространения, бурая ржавчина, зерновые культуры, яровая пшеница, фунгициды, микробиологические препараты, урожайность, биологическая эффективность.

**Для цитирования:** Кекало А. Ю., Заргарян Н. Ю., Немченко В. В. Распространение фитопатогенов на зерновых яровых культурах в Уральском регионе // Аграрный вестник Урала. 2022. № 11 (226). С. 14–24. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-14-24.

**Дата поступления статьи:** 17.08.2022, **дата рецензирования:** 30.08.2022, **дата принятия:** 09.09.2022.

### Постановка проблемы (Introduction)

В условиях Уральского региона РФ на зерновых яровых культурах (доминирует яровая пшеница), вред ей наносят такие фитопатогены, как бурая листовая ржавчина (*Puccinia triticina* Eriks.), мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *Tritici* March), стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici* Eriks.), септориоз (*Parastagonospora nodorum* Berk), пиренофороз (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler), корневые гнили злаков (*Fusarium* spp., *Bipolaris sorokiniana* Shoem.). Недобор урожая культуры в годы эпифитотий может достигать 25–50 % [1–3].

Используя данные из официальных отчетов Российского сельскохозяйственного центра, можно составить рейтинги листовых инфекций злаковых

культур ярового клина в Российской Федерации и в Уральском регионе, причем они не совпадают [4–12]. Так, в период с 2011 по 2020 гг. наиболее распространенными в нашей стране являлись заболевания, указанные в таблице 1.

Лидирующие позиции в РФ заняли гельминтоспориозная и септориозная пятнистости листьев, на третьем месте – бурая ржавчина. Существенные площади зерновых яровых культур имели поражение корневыми гнилями (556–945 тыс. га), и замыкала ведущую пятерку вредоносных начал мучнистая роса. Из активно распространяющихся в последние годы фитопатогенов следует обратить внимание на пиренофороз и ринхоспориоз, поражавшие 2,5–15,6 тыс. га и 12–43 тыс. га соответственно (таблица 1).

В Уральском федеральном округе фитосанитарная ситуация по обсуждаемым объектам имела отличия с общероссийскими показателями. Так, на первом месте по площадям заражения находилась бурая листовая ржавчина (от 30 до 158 тыс. га зерновых яровых хлебов) (таблица 2). Поражение *Puccinia triticina* в годы эпифитотий являлось основной причиной недобора урожая и снижения его качества. Практически постоянной спутницей листовой ржавчины являлась мучнистая роса злаков, особенно это ярко выражается на полях без соблюдения пространственной изоляции между озимой пшеницей и яровой. Однако по распространенности она существенно уступала ржавчине и в рейтинге занимала пятое место.

На втором месте по площади распространения в регионе были корневые гнили (85–155 тыс. га). Тип многолетней динамики их тардитивный, медленно нарастающий с высокой скоростью в начале вегетации. Этиология заболевания гелиминтоспориозно-фузариозная с доминированием грибов рода *Fusarium* spp. [2; 13].

В России площади заражения яровых зерновых *Puccinia triticina* составили от 431 до 1304 тыс. га с максимальным распространением в 2016 и 2017 гг. (рис. 1). Для бурой ржавчины, как и для мучнистой росы, линейной ржавчины, характерен тип динамики эпифитотического процесса полициклический,

изменчивый. А тип сезонной динамики – взрывоподобный (эксплозивный).

Рассматривая исторические данные по поражению злаковых культур за более чем 30-летний период, следует отметить, что с 1979 по 2009 гг. эпифитотии бурой ржавчины на Южном Урале отмечались в 48 % лет (1979, 1983, 1984, 1986, 1989, 1990, 1992, 1993, 1994, 1996, 1997, 2000, 2004, 2005, 2009 гг.) [13–15].

В УрФО распространенность листовой ржавчины имело сходную с российской динамику (рис. 2), максимальные площади заражения фитопатогеном отмечались в период с 2015 по 2017 гг. (115–158 тыс. га). Следует отметить, что в это же время наблюдалось массовое развитие на яровой пшенице стеблевой ржавчины, что влекло за собой снижение урожайности и качества зерна.

Распространение, развитие фитопатогенов и наносимый ими вред в значительной степени определяются погодными условиями периода вегетации.

Динамика изменения среднегодовых значений температуры воздуха и суммы осадков за последние 90 лет свидетельствует о поступательном потеплении. Оно идет в большей степени за счет зимнего периода, особенно февраля, марта и апреля, но из всех месяцев года заметнее всего выражено в марте. Четкая тенденция потепления отмечалась и в вегетационный период с мая по август (больше за счет

Таблица 1  
Площади распространения фитопатогенов на посевах яровых зерновых культур в Российской Федерации в период 2011–2020 гг.

Вид заболевания яровых зерновых культур	Интервал площадей заражения фитопатогеном в РФ, тыс. га
Гелиминтоспориоз	1100–1470
Септориоз	724–1340
Бурая ржавчина	522–1304
Корневые гнили	556–945
Мучнистая роса	390–706
Фузариоз колоса	87–111
Головня	83–109
Пиренофороз	(2,5–15,6), max в 2016 г.
Ринхоспориоз (окаймляющая пятнистость)	(12–43), max в 2018 г.

Table 1  
Areas of distribution of phytopathogens on crops of spring grain crops in the Russian Federation in the period 2011–2020

Type of disease in spring grain crops	Interval of areas of phytopathogen infection in the Russian Federation, thousand hectares
<i>Helminthosporiasis</i>	1100–1470
<i>Septoria</i>	724–1340
<i>Brown rust</i>	522–1304
<i>Root rot</i>	556–945
<i>Powdery mildew</i>	390–706
<i>Fusarium spike</i>	87–111
<i>Smut</i>	83–109
<i>Tan spot</i>	(2.5–15.6), max in 2016
<i>Rhynchosporiasis (border spotting)</i>	(12–43), max in 2018

Таблица 2  
Площади заражения фитопатогенами яровых зерновых культур  
в Уральском федеральном округе\* РФ в период 2011–2020 гг.

Вид заболевания яровых зерновых культур	Интервал площадей заражения фитопатогеном в УрФО, тыс. га
Бурая ржавчина	30–158
Корневые гнили	85–155
Септориоз	60–99
Гельминтоспориоз	45–80
Мучнистая роса	10–86
Головня	16–33
Фузариоз колоса	5–19
Пиренофороз	0,04–1,9, max в 2015 и 2017 гг.
Ринхоспориоз	0,2–5,8

Примечание. \* В УрФО включены Свердловская, Челябинская, Тюменская и Курганская области.

Table 2  
Areas of infection with phytopathogens of spring grain crops in the Ural Federal District\* of the Russian Federation in the period 2011–2020

Type of disease in spring crops	Interval of areas of phytopathogen infection in the Ural Federal District, thousand hectares
Brown rust	30–158
Root rot	85–155
Septoria	60–99
Helminthosporiasis	45–80
Powdery mildew	10–86
Smut	16–33
Fusarium spike	5–19
Tan spot	0.04–1.9, max in 2015 and 2017
Rhynchosporiasis (border spotting)	0.2–5.8

Note: \* Sverdlovsk, Chelyabinsk, Tyumen and Kurgan regions are included in the Ural Federal District.

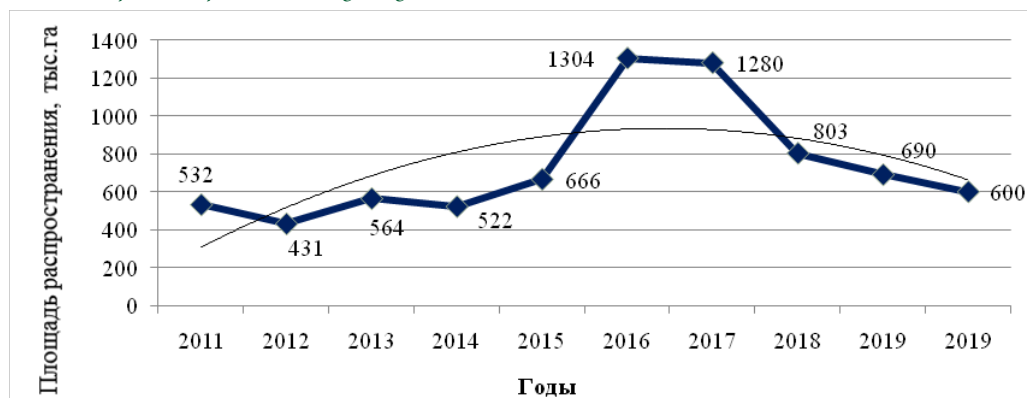


Рис. 1. Площади распространения бурой ржавчины на посевах яровых зерновых культур в Российской Федерации (использованы данные отчетов Россельхозцентра)

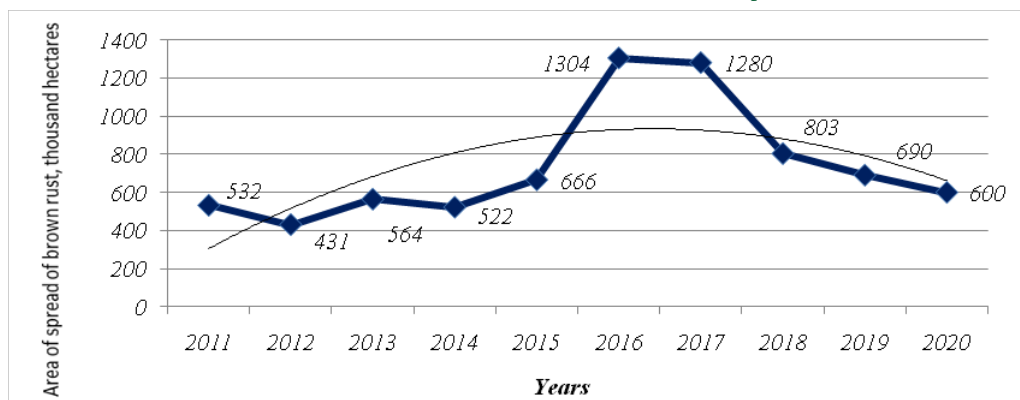


Fig. 1. Areas of brown rust distribution on spring grain crops in the Russian Federation (data from reports of the Russian Agricultural Center were used), thousand hectares, 2011–2020

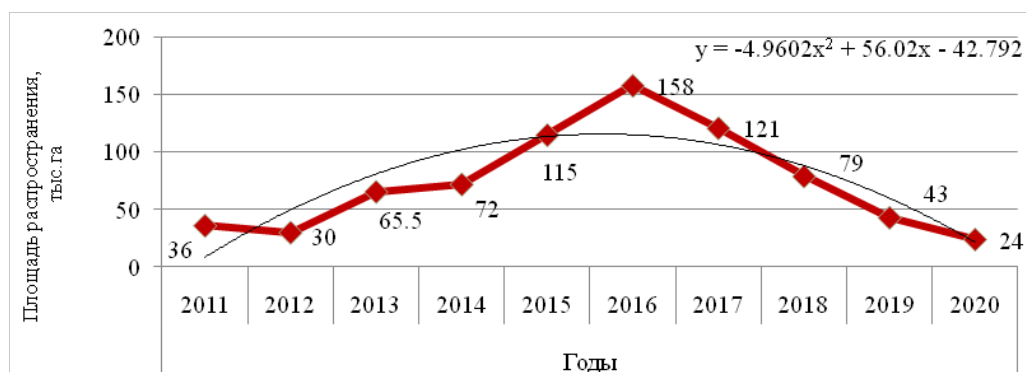


Рис. 2. Площади распространения бурой ржавчины на посевах яровых зерновых культур в Уральском федеральном округе РФ (УрФО) (использованы данные отчетов Россельхозцентра), 2011–2020 гг.

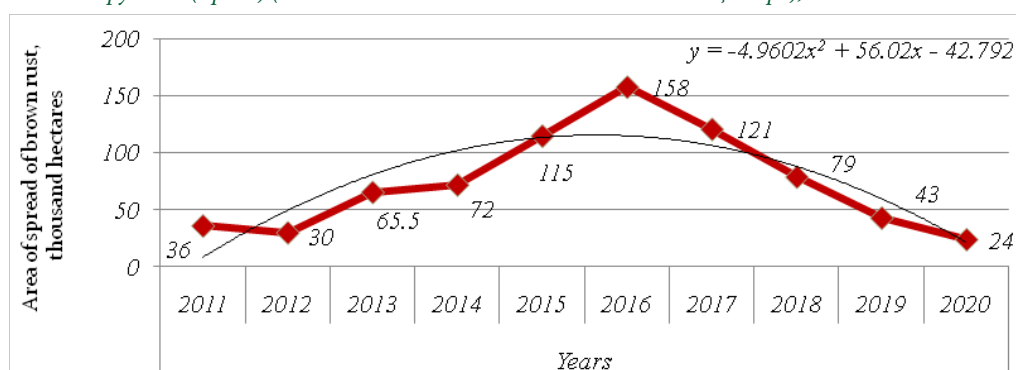


Fig. 2. Areas of brown rust on spring grain crops in the Urals Federal District of the Russian Federation (data from reports of the Russian Agricultural Center were used), thousand hectares, 2011–2020

августа). Периоды с жаркими маем, июнем и июлем отмечаются в Зауралье циклично [16].

Тенденции по изменению количества выпавших осадков, в свою очередь, менее выражены. Данный показатель сильно варьирует по годам, однако можно с уверенностью сказать, что такие острозасушливые периоды вегетации, как 2010, 2012, 2020 и 2021, не являются аномалией, наблюдались подобные условия в 30-е, 40-е и 50-е годы XX столетия. Это цикличность климата, в данном случае 70-летняя. Все изменения в целом говорят о некотором расширении вегетационного периода и об увеличении его засушливости. Зимы стали немного мягче, весна более ранней, что оказывает заметное влияние на ритмы развития вредных организмов. При этом сохраняются поздние весенние и ранние осенние заморозки [16]. Важно в этих меняющихся условиях среды проводить мониторинг вредных объектов и определять эффективные методы их контроля.

Современная концепция интегрированной системы защиты растений предусматривает для фитосанитарного контроля ржавчин использование следующих мер защиты:

1. Уменьшение размера экологических ниш, разрыв и ограничение трофических связей, подавление размножения возбудителя. Это включает в себя возделывание устойчивых сортов как яровой, так и озимой пшеницы. Ранние сроки сева в случае использования средне- и позднеспелых сортов, использование оптимальных норм высева. Сбалансированное минеральное питание растений.

2. Торможение или разрыв цепного механизма передачи возбудителя заключается в своевременном применении фунгицидных препаратов, лучше всего локально в первичных эпифитотических очагах по результатам регулярных наблюдений [13].

Система эффективного контроля доминирующего в регионе фитопатогена – бурой ржавчины – может основываться на использовании иммунных сортов, что является весьма экологичным способом защиты растений [17–19]. Однако для сортов по каким-либо признакам ценным, но не имеющим генетической защиты от фитопатогена меры контроля заключаются в своевременном применении фунгицидных препаратов [20–22].

Большинство производственных сортов, выращиваемых на Урале, в Западной Сибири и в Северном Казахстане, в разной степени восприимчивы к бурой ржавчине. Челночная селекция в рамках созданной CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center) Казахстанско-Сибирской сети по улучшению яровой пшеницы (КАСИБ) позволяет привлекать мировые генетические ресурсы для повышения эффективности реализуемых селекционных программ, в том числе по устойчивости сортов к бурой ржавчине было выявлено высокое сходство популяций возбудителя бурой ржавчины на Урале, в Западной Сибири и Северном Казахстане, что подтвердило предположение о существовании единой популяции гриба на этих территориях. Для предотвращения эпифитотий *Puccinia triticina* на сопредельной территории России и Казахстана



рекомендуется постоянно обновлять сортимент сортов пшеницы, расширять его генетическое разнообразие и применять мозаичное размещение сортов с соблюдением оптимальных площадей, занятых генетически однородными сортами [13; 14; 19].

В настоящее время в арсенале средств химической защиты имеется достаточно широкая линейка фунгицидов для защиты пшеницы от вредных организмов [23; 24]. Для получения высокой эффективности защитных мероприятий необходимо постоянное наблюдение за развитием заболевания во времени и за скоростью процесса, важны своевременность применения и качественное технологическое внесение пестицида, а также подбор состава действующих веществ препаратов против конкретного набора фитопатогенов в поле.

Целью исследования являлось установление эффективности фунгицидной защиты пшеницы от доминирующего фитопатогена – бурой ржавчины в современных условиях.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования «Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимизации обработки почвы, диверсификации севооборотов, рационального применения пестицидов и биопрепаратов, сохранения и повышения почвенного плодородия и разработать информационно-аналитический комплекс компьютерных программ, обеспечивающий инновационное управление системой земледелия» на опытном поле Курганского НИИСХ – филиала УрФАНИЦ УрО РАН. Севооборот трехпольный зернопаровой, опыты закладывались на пшенице по пару в посевах широко распространенного в регионе сорта яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Омская 36 без генетической защиты от бурой ржавчины. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный малогумусный тяжелосуглинистый. Агротехника возделывания пшеницы зональная. Площадь делянки в опытах – 20 м<sup>2</sup>, размещение вариантов – систематическое, повторность четырехкратная. Обработку растений проводили ранцевыми опрыскивателями Solo 456, оборудованными метровой штангой, в фазу в фазу выхода флагового листа (ф. 37 Zadoks). Методика фитопатологических исследований ВИЗР – общепринятая в Российской Федерации [25]. Определялись показатели распространенности и развития бурой ржавчины (по шкале Русакова). Отборы растительных проб для анализа проводили через 10 и 20 дней после обработки. Расчет биологической эффективности препаратов проведен по формуле Аббота. Учет урожая зерна – прямым комбайнированием Sampo-130. Обработка урожайных данных проводилась методом дисперсионного анализа [26].

Погодные условия за период исследований существенно различались и значимо влияли на развитие листовых инфекций и урожайность культуры. В 2010, 2012 и 2021 гг. отмечалась острая засуха на протяжении всего периода вегетации (гидротермический коэффициент (ГТК) за май – август составил 0,3), в 2009, 2014, 2019 и 2020 гг. условия характеризовались как засушливые и ГТК не превышал 0,8. Удовлетворительные погодные условия в период вегетации пшеницы были в 2011, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018 гг., именно в эти годы отмечалось интенсивное распространение листовых инфекций в посевах.

Схема полевого опыта включала следующие варианты фунгицидной защиты пшеницы: пропиконазол («Титул 390» 0,3 л/га), ципроконазол + пропиконазол («Альто супер» 0,5 л/га), тиофанат-метил + эпоксиконазол («Рекс дуо» 0,5 л/га), пираклостробин + эпоксиконазол («Абакус ультра» 1,5 л/га), спирокармин + тебуконазол + триадименол («Фалькон» 0,6 л/га), *Bacillus subtilis* («Фитоспорин-М» 1,5 л/га) и контроль без средств фунгицидной защиты.

Статистические данные по площадям заражения культур фитопатогенами в Российской Федерации и в УрФО были использованы из официальных годовых отчетов Российского сельскохозяйственного центра за период 2011–2020 гг. [4–12].

#### Результаты (Results)

Погодные условия существенным образом влияют на развитие фитопатогенов. Согласно результатам наших наблюдений, в последнем десятилетии массовые вспышки бурой листовой ржавчины – «рыжего бича злаков» – наблюдались в 2013, 2014, 2016 и 2017 гг. [26].

Использование иммунного метода в системе защиты растений весьма результативно и экологически безопасно.

По результатам полевых наблюдений за поражение сортов яровой пшеницы листовыми инфекциями в условиях Курганской и Челябинской областей, а также опубликованных данных учетов из Коллекционных питомников яровой пшеницы Курганского НИИСХ и Челябинского НИИСХ, нами были проведены анализ и выборка сортов с устойчивостью к фитопатогенам [28; 29]. В годы массового развития бурой ржавчины выявлены следующие слабо поражающиеся сорта культуры: Радуга, Уралосибирская, Челябинская степная, Любава 5, Айна, Челябинская золотистая, Челябинская 75, Соната. Кроме того, сорта Обская, Сигма, Ирень обладали устойчивостью и к бурой ржавчине, и к мучнистой росе злаков (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *Tritici* March)). Комплексной устойчивостью к листовым фитопатогенам (бурая и стеблевая ржавчины, мучнистая роса) обладали сорта яровой пшеницы Фаворит, Элемент 22, Омская 41, Экада 148, Геракл, Бурлак.

В полевых исследованиях на базе Курганского НИИСХ – филиала УрФАНИЦ определялась биологическая, хозяйственная эффективность химического и биологического методов контроля бурой ржавчины на восприимчивом сорте яровой пшеницы в годы с разной интенсивностью поражения.

Полученные данные свидетельствуют о том, что поражение листьев яровой пшеницы фитопатогенами в опытах изменялось от слабого (единичного и депрессивного) в 2010, 2012, 2018, 2019, 2020, 2021 гг. до эпифитотийного (массового) – в 2009, 2013, 2014, 2016, 2017 гг. Патокомплекс был представлен в годы массовых проявлений инфекции на листьях пшеницы бурой ржавчиной и мучнистой росой. При слабом уровне поражения отмечались такие заболевания, как мучнистая роса, пиренофороз, гельминтоспориоз листьев.

В годы проявлений симптомы бурой ржавчины обнаруживались в начале июля, питался гриб, главным образом, на флаговых листьях, тогда как мучнистая роса фиксировалась раньше – с фазы вы-

хода в трубку (ф. 30 по Цадоксу) на нижнем ярусе листового полога пшеницы. Самое интенсивное поражение растений отмечалось в 2016 году (развитие бурой ржавчины в фазу колошения на флаговых листьях 32 %, нижние яруса листьев были поражены мучнистой росой). Кроме того, в 2015, 2016 и 2017 гг. имело место развитие на солоmine пшеницы стеблевой ржавчины *Puccinia graminis* f. *sp. tritici* Eriks.

Согласно полученным нами в ходе исследований данным, вредоносность линейной ржавчины на яровой пшенице в эти годы составила от 4 до 12 % с максимумом в 2016 г. Степень вредоносности определялась прежде всего сроком первичного заражения растений: в 2015 и 2017 гг. первые пустулы отмечались 3 августа, и развитие в фазу ранней восковой спелости составило 45 %, а в 2016 г. – симптомы появились 21 июля с последующим развитием болезни до 10,3–18,2 %.

Эффективность фунгицидного контроля при использовании различных препаратов имела отличия.

Таблица 3  
Развитие *Puccinia triticina* на яровой пшенице и биологическая эффективность фунгицидных препаратов в годы массового развития фитопатогена, 2013–2017 гг.

Вариант	Через 10 дней после обработки (ф. 49–50)*		Через 20 дней после обработки (ф. 65–70)*	
	Развитие болезни, %	Биологическая эффективность препарата, %	Развитие болезни, %	Биологическая эффективность препарата, %
Контроль	10,2	–	22,5	–
Пропиконазол	0,6	94	12,0	47
Пропиконазол + тебуконазол	0,0	100	9,0	60
Ципроконазол + пропиконазол	0,6	94	9,1	60
Пираклостробин + эпоксиконазол	0,2	98	6,4	72
Тиофанат-метил + эпоксиконазол	0,0	100	8,8	61
Спироксамин + тебуконазол + триадименол	0,2	98	7,9	65
<i>Bacillus subtilis</i>	5,4	47	14,7	35

\* Календарно сроки учетов – вторая декада июля и начало августа.

Table 3  
Development of *Puccinia triticina* on spring wheat and biological effectiveness of fungicidal preparations during the years of mass development of the phytopathogen, 2013–2017

Variety	Option 10 days after treatment (form 49–50)*		20 days after treatment (form 65–70)*	
	Development of the disease, %	Biological effectiveness of the drug, %	Development of the disease, %	Biological effectiveness of the drug, %
Control	10.2	–	22.5	–
Propiconazole	0.6	94	12.0	47
Propiconazole + tebuconazole	0.0	100	9.0	60
Cyproconazole + propiconazole	0.6	94	9.1	60
Pyraclostrobin + epoxiconazole	0.2	98	6.4	72
Thiophanate-methyl + epoxiconazole	0.0	100	8.8	61
Spiroxamine + tebuconazole + triadimenol	0.2	98	7.9	65
<i>Bacillus subtilis</i>	5.4	47	14.7	35

\* Calendar terms of accounting – the second decade of July and the beginning of August.

На 10-й день после обработки посевов биологическую эффективность более 90 % против бурой листовой ржавчины обеспечили химические препараты, особенно выделялись варианты с сочетаниями таких действующих веществ, как пропиконазол + тебуконазол и тиофанат-метил + эпоксиконазол (эффективность 99–100 %) (таблица 3). Биологический препарат на основе бактерии *Bacillus subtilis* в годы эпифитотий обеспечил снижение развития данной инфекции только на 47 %, что недостаточно для нормализации ситуации.

При учете развития бурой ржавчины через 20 дней после применения фунгицидной обработки посевов выяснено, что защитное действие препаратов снизилось относительно первого учета и составило 60–72 %, лучшей продолжительностью эффективного контроля обладал препарат на основе пираклостробина и эпоксиконазола (72 %). Контроль ржавчины биологическим фунгицидом был низким, как и при первом учете (35 %) (см. таблицу 3). Распространенность болезни составила 93–100 % на всех вариантах опыта.

Урожайность яровой пшеницы за период исследований на контрольном варианте изменялась от 9–12 ц/га в острозасушливые годы до 39 ц/га в удовлетворительных условиях периода вегетации, в среднем за период исследований она составила 21,3 ц/га. Использование химической фунгицидной защиты растений достоверно сохраняло в годы эпифитотий 32–45 % урожайности, или 7,0–9,4 ц/га.

По эффективности действия против местного расового состава *Puccinia triticina* Eriks. выделяли препараты на основе сочетаний таких действующих веществ, как пропиконазол + тебуконазол и тиофанат-метил + эпоксиконазол.

В годы с умеренным поражением листовыми инфекциями прибавка урожайности в среднем составляла 3,1–4,8 ц/га, что статистически достоверно.

В годы с активными засушливыми явлениями во второй половине вегетации проявление бурой ржавчины было единичным и хозяйственного значения не имело.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в годы массового развития бурой ржавчины в посевах пшеницы корреляционная зависимость между урожайностью культуры и степенью поражения листьев характеризовалось по шкале Чеддока как сильная и очень сильная отрицательная ( $r = -0,76 \dots -0,91$ ). При депрессивном же развитии инфекций она была незначительной ( $r = -0,33 \dots -0,45$ ).

Важным является также получение качественного зерна пшеницы, что в большинстве случаев без использования средств защиты затруднительно. В условиях Уральского региона есть возможность получать белковость зерна 14–16 %, а содержание и качество сырой клейковины до уровня 2–3 класса. Большинство районированных современных сортов

пшеницы способно формировать зерно с содержанием клейковины более 23 % при надлежащем питании растений и защите от вредных организмов.

В наших исследованиях массовая доля клейковины в зерне пшеницы на контроле в среднем составила 24,9 %. На вариантах с защитой растений микробиологическим препаратом она существенно не изменялась, составив 25,3 %. При использовании химических фунгицидов показатель повышался до 28,0 % (+ 3,1 процентных пункта, что достоверно выше, чем на контроле). В годы массового и умеренного поражения листьев пшеницы болезнями корреляционная зависимость между развитием инфекций и содержанием клейковины в зерне характеризовалась как сильная и очень сильная отрицательная ( $r = -0,89 \dots -0,97$ ).

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ данных по площадям распространения фитопатогенов в условиях Уральского региона (из официальных отчетов Россельхозцентра) показал, что основными вредоносными заболеваниями являлись за последнее десятилетие бурая листовая ржавчина, корневые гнили, септориозно-гельминтоспориозные пятнистости листьев, мучнистая роса злаков. Доминантой в патоккомплексе являлась *Puccinia triticina*.

Первым этапом защиты пшеницы от фитопатогенов должен являться метод иммунозащиты для основного объекта контроля – бурой ржавчины. Он результативен и экологически безопасен. Проведенный нами анализ данных по поражаемости современных сортов пшеницы в регионе показал, что ассортимент сортов яровой пшеницы с заданными параметрами для УрФО достаточно широк.

Вторым этапом контроля листовых инфекций рекомендуется применение фунгицидных препаратов для торможения или разрыва цепного механизма передачи возбудителя. В ходе многолетних полевых исследований установлено, что в годы эпифитотий биологическую эффективность более 90 % против бурой листовой ржавчины обеспечили фунгициды на основе таких действующих веществ, как тиофанат-метил + эпоксиконазол и пропиконазол + тебуконазол. Биологический препарат на основе бактерии *Bacillus subtilis* в годы эпифитотий обеспечил снижение развития данной инфекции только на 47 %, что недостаточно для нормализации фитосанитарного состояния агроценоза.

Использование химической фунгицидной защиты пшеницы сохраняло в годы эпифитотий листовых инфекций 7,0–9,4 ц/га урожайности (32–45 %), значимо возрастало содержание клейковины в зерне. В годы с умеренным поражением листовыми инфекциями прибавка продуктивности в среднем составляла 3,1–4,8 ц/га. В годы с активными засушливыми явлениями во второй половине вегетации проявление бурой ржавчины было единичным и хозяйственного значения не имело.

Таким образом, были выявлены наиболее распространенные заболевания зерновых культур в УрФО в меняющихся погодно-климатических условиях за период с 2011 по 2020 гг., проанализирован сортовой состав пшеницы по восприимчивости к основным заболеваниям, а также предложены

варианты эффективного контроля доминирующего фитопатогена (бурой ржавчины). Полученные результаты могут быть использованы сельхозтоваропроизводителями для выстраивания эффективных схем защиты пшеницы и сохранения урожайности, качества зерна основной культуры растениеводческой отрасли региона.

### Библиографический список

1. Санин С. С. Эпифитотии болезней зерновых культур: теория и практика. Избранные труды, 2012. Москва: Издательство ВОСХОД-А (Москва). 451 с.
2. Кекало А. Ю., Немченко В. В., Заргарян Н. Ю., Филиппов А. С., Козлова Т. А. Современный подход к вопросу защиты пшеницы от болезней и вредителей // Земледелие. 2020. № 5. С. 41–45.
3. Доронин В. Г., Ледовский Е. Н., Кривошеева С. В. Защита яровой мягкой пшеницы от листостебельных болезней // Земледелие. 2016. № 6. С. 43–46.
4. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2012 году и прогноз развития вредных объектов в 2013 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2013. 501 с.
5. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2013 году и прогноз развития вредных объектов в 2014 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2014. 656 с.
6. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2014 году и прогноз развития вредных объектов в 2015 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2015. 808 с.
7. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2015 году и прогноз развития вредных объектов в 2016 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2016. 885 с.
8. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2016 году и прогноз развития вредных объектов в 2017 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2017. 881 с.
9. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2017 году и прогноз развития вредных объектов в 2018 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2018. 166 с.
10. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2018 году и прогноз развития вредных объектов в 2019 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2019. 900 с.
11. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2019 году и прогноз развития вредных объектов в 2020 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2020. 897 с.
12. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в РФ в 2020 году и прогноз развития вредных объектов в 2021 году. Москва: АО «Первая Образцовая типография», 2021. 912 с.
13. Торопова Е. Ю., Стецов Г. Я., Чулкина В. А. Эпифитотиология / Под ред. академика РАСХН А. А. Жученко и академика МАНЭБ профессора В. А. Чулкиной. Новосибирск, 2011. 711 с.
14. Койшибаев М. Особенности развития видов ржавчины и септориальной пятнистости в Северном Казахстане // Защита и карантин растений. 2017. № 8. С. 21–24.
15. Система защиты растений в ресурсосберегающих технологиях / Под ред. В. В. Немченко. Куртамыш: ГУП «Куртамышская типография», 2011. 525 с.
16. Степных Н. В., Нестерова Е. В., Заргарян А. М., Копылова С. А. Перспективы расширения посевных площадей подсолнечника в Зауралье // Земледелие. 2021. № 6. С. 27–33.
17. Койшибаев М. Болезни пшеницы. Анкара: Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО), 2018. 366 с.
18. Мальцева Л. Т., Филиппова Е. А., Банникова Н. Ю., Дробот И. А. Устойчивость сортов яровой мягкой пшеницы к листовым болезням в условиях Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2017. № 7. С. 28–35. DOI: 10.5281/zenodo.4655986.
19. Гуляева Е. И., Шайдаюк Е. Л., Шаманин В. П., Ахметова А. К., Тюнин В. А., Шрейдер Е. Р., Кашина И. В., Ерошенко Л. А., Серeda Г. А., Моргунов А. И. Генетическая структура российских и казахстанских популяций возбудителя бурой ржавчины *Puccinia triticina* Erikss. по вирулентности и SSR маркерам // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 1. С. 85–95. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.85rus.
20. Доронин В. Г., Ледовский В. Н., Кривошеев С. В. Препараты и баковые смеси против листостебельных инфекций в посевах яровой пшеницы // Вестник Бурятской ГСХА им. В. Р. Филиппова. 2019. № 3 (56). С. 14–26. DOI: 10.34655/bgsha.2019.56.3.00.
21. Гришечкина Л. Д., Долженко В. И., Кунгурцева О. В., Ишкова Т. И., Здражевская С. Д. Развитие исследований по формированию современного ассортимента фунгицидов // Агрохимия. 2020. № 9. С. 32–47. DOI: 10.31857/S0002188120090070.
22. HGCA Wheat disease management guide-2012. Warwickshire Stoneleigh Park: HGCA Publications T 0845 245 0009, 2012. 31 p.



23. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации за 2020 год. Москва: ООО «Издательство Листерра», 2020. 920 с.
24. Спиридонов Ю. Я., Будынов Н. И., Автаев Р. А., Стрижков Н. И., Суминова Н. Б., Критская Е. Е. Разработка технологии борьбы с вредными организмами с помощью Секатора Турба, Ламадора, Фалькона и других препаратов в посевах яровой пшеницы // АПК России. 2017. Т. 24. № 3. С. 636–642.
25. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве (под ред. В. И. Долженко). Санкт-Петербург: Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР), Минсельхоз России, 2009. 378 с.
26. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Альянс, 2011. 350 с.
27. Кекало А. Ю., Немченко В. В., Заргарян Н. Ю., Филиппов А. С. Фитосанитарные проблемы пшеничного поля и эффективность средств защиты от болезней // Агрохимия. 2020. № 10. С. 45–50.
28. Мальцева Л. Т., Филиппова Е. А., Банникова Н. Ю., Бердюгин В. А. Роль исходного материала в селекции ржавчиноустойчивых сортов мягкой яровой пшеницы в условиях Зауралья // Зерновое хозяйство России. 2018. № 5. С. 67–72. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-67-72.
29. Тюнин В. А., Шрейдер Е. Р., Бондаренко Н. П. Результаты селекции пшеницы в Челябинском НИИСХ в 2015–2017 гг. // АПК России. 2018. Т. 25. № 1. С. 57–62.

#### Об авторах:

Алена Юрьевна Кекало<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,

ORCID 0000-0003-0802-1722, AuthorID 341054; [alena.kekalo@mail.ru](mailto:alena.kekalo@mail.ru)

Наталья Юрьевна Заргарян<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,

ORCID 0000-0002-7431-1907, AuthorID 618703; [nata.zarg@yandex.ru](mailto:nata.zarg@yandex.ru)

Владимир Васильевич Немченко<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0002-5324-6309, AuthorID 160275; +7 (35231) 5-76-22; [nem.cad@mail.ru](mailto:nem.cad@mail.ru)

<sup>1</sup> Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

## Distribution of phytopathogens on spring grain crops in the Ural region

A. Yu. Kekalo<sup>1</sup>✉, N. Yu. Zargaryan<sup>1</sup>, V. V. Nemchenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: [alena.kekalo@mail.ru](mailto:alena.kekalo@mail.ru)

**Abstract.** In the Ural region over the past decade, the following changes have occurred in agricultural technologies: an increase in the share of stubble backgrounds for the cultivation of grain crops, which entails special phytosanitary risks. Climate change has been expressed in progressive warming over the past 90 years. The **purpose** of the study was to establish the effectiveness of the fungicidal protection of wheat against a harmful phytopathogen – brown rust – in modern conditions. **Methods** of All-Russian institute of plant protection were used. **Scientific novelty.** The modern distribution of phytopathogens on grain crops in the region was assessed and effective preparations were proposed to protect wheat from leaf rust. **Results.** Moderate and epiphytotic development of leaf phytopathogens on spring wheat took place in 46 % of years. It is during these years that the use of fungicidal plant protection products is mandatory to maintain wheat yields. Biological efficiency of more than 90 % against the local racial composition of brown leaf rust was provided by chemical preparations, variants with combinations of active ingredients propiconazole + tebuconazole and thiophanate-methyl + epoxiconazole were especially distinguished. The use of chemical fungicidal plant protection in the years of epiphytotic retained 32–45 % yield or 7.0–9.4 c/ha. In years with moderate leaf infections, the increase in productivity averaged 3.1–4.8 c/ha. In years with active dry phenomena in the second half of the growing season, the manifestation of leaf rust was single and had no economic significance. The method of immune protection can be actively used, the set of spring wheat varieties with specified parameters for the Ural region is quite wide.

**Keywords:** phytopathogens, areas of distribution, brown rust, grain crops, spring wheat, fungicides, microbiological preparations, productivity, biological efficiency.

**For citation:** Kekalo A. Yu., Zargaryan N. Yu., Nemchenko V. V. Rasprostraneniye fitopatogenov na zernovykh yarovykh kul'turakh v Ural'skom regione [Distribution of phytopathogens on spring grain crops in the Ural region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 11 (226). Pp. 14–24. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-14-24. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 17.08.2022, **date of review:** 30.08.2022, **date of acceptance:** 09.09.2022.

### References

1. Sanin S. S. Epifitotii bolezney zernovykh kul'tur: teoriya i praktika. Izbrannyye Trudy [Epiphytotics of diseases of grain crops: theory and practice. Selected works], 2012. Moscow: Izdatel'stvo VOSKHOD-A. 451 p. (In Russian.)
2. Kekalo A. Yu., Nemchenko V. V., Zargaryan N. Yu., Filippov A. S., Kozlova T. A. Sovremennyy podkhod k voprosu zashchity pshenitsy ot bolezney i vreditel'ey [Modern approach to the issue of protecting wheat from diseases and pests] // Agriculture. 2020. No. 5. Pp. 41–45. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10511. (In Russian.)
3. Doronin V. G., Ledovskiy E. N., Krivosheeva S. V. Zashchita yarovoy myagkoy pshenitsy ot listostebel'nykh bolezney [Protection of spring soft wheat from leaf diseases] // Agriculture. 2016. No. 6. Pp. 43–46. (In Russian.)
4. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2012 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2013 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2012 and the forecast for the development of harmful objects in 2013]. Moscow: AO "Pervaya obrabotsovaya tipografiya", 2013. 501 p. (In Russian.)
5. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2013 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2014 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2013 and the forecast for the development of harmful objects in 2014]. Moscow: AO "Pervaya obrabotsovaya tipografiya", 2014. 656 p. (In Russian.)
6. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2014 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2015 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2014 and the forecast for the development of harmful objects in 2015]. Moscow: AO "Pervaya obrabotsovaya tipografiya", 2015. 808 p. (In Russian.)
7. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2015 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2016 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2015 and the forecast for the development of harmful objects in 2016]. Moscow: AO "Pervaya obrabotsovaya tipografiya", 2016. 885 p. (In Russian.)
8. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2016 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2017 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2016 and the forecast for the development of harmful objects in 2017]. Moscow: AO "Pervaya obrabotsovaya tipografiya", 2017. 881 p. (In Russian.)
9. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2017 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2018 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2017 and the forecast for the development of harmful objects in 2018]. Moscow: AO "Pervaya obrabotsovaya tipografiya", 2018. 166 p. (In Russian.)
10. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2018 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2019 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2018 and the forecast for the development of harmful objects in 2019]. Moscow: AO "Pervaya obrabotsovaya tipografiya", 2019. 900 p. (In Russian.)
11. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2019 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2020 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2019 and the forecast for the development of harmful objects in 2020]. Moscow: AO "Pervaya obrabotsovaya tipografiya", 2020. 897 p. (In Russian.)
12. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v RF v 2020 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob'ektov v 2021 godu [Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2020 and the forecast for the development of harmful objects in 2021]. Moscow: AO "Pervaya obrabotsovaya tipografiya", 2021. 912 p. (In Russian.)
13. Toropova E. Yu., Stetsov G. Ya., Chulkina V. A. Epifitotologiya [Epiphytology] / Under the editorship of academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences A. A. Zhuchenko and academician of the International Academy of Sciences of Ecology, Human Safety and Nature, professor V. A. Chulkina. Novosibirsk, 2011. 711 p. (In Russian.)
14. Koyshibaev M. Osobennosti razvitiya vidov rzhavchiny i septorial'noy pyatnistosti v Severnom Kazakhstane [Peculiarities of development of rust species and septorial blotch in Northern Kazakhstan] // Plant Protection and Quarantine. 2017. No. 8. Pp. 21–24. (In Russian.)

15. Sistema zashchity rasteniy v resursosberegayushchikh tekhnologiyakh / Under the editorship of V. V. Nemchenko [Plant protection system in resource-saving technologies]. Kurtamysh: GUP "Kurtamyshskaya tipografiya", 2011. 525 p. (In Russian.)
16. Stepanykh N. V., Nesterova E. V., Zargaryan A. M., Kopylova S. A. Perspektivy rasshireniya posevnykh ploshchadey podsolnechnika v Zaural'e [Prospects for expansion of sunflower acreage in the Trans-Urals] // Agriculture. 2021. No. 6. Pp. 27–33. (In Russian.)
17. Koishibaev M. Bolezni pshenitsy [Diseases of wheat]. Ankara: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018. 366 p. (In Russian.)
18. Mal'tseva L. T., Filippova E. A., Bannikova N. Yu., Drobot I. A. Ustoychivost' sortov yarovoy myagkoy pshenitsy k listovym bolezniam v usloviyakh Zaural'ya [Resistance of spring soft wheat varieties to leaf diseases in the Trans-Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 7. Pp. 28–35. DOI:10.5281/zenodo.4655986. (In Russian.)
19. Gul'tyaeva E. I., Shaydayuk E. L., Shamanin V. P., Akhmetova A. K., Tyunin V. A., Shreyder E. R., Kashina I. V., Eroshenko L. A., Sereda G. A., Morgunov A. I. Geneticheskaya struktura rossiyskikh i kazakhstanskikh populatsiy vozbuditelya buroy rzhavchiny Puccinia triticina Erikss. po virulentnosti i SSR markeram [Genetic structure of Russian and Kazakh populations of the leaf rust pathogen Puccinia triticina Erikss. by virulence and SSR] // Agricultural biology. 2018. Vol. 53. No. 1. Pp. 85–95. DOI: 10.15389/agrobiol.2018.1.85rus. (In Russian.)
20. Doronin V. G., Ledovskiy V. N., Krivosheev S. V. Preparaty i bakovye smesi protiv listosteblevykh infektsiy v posevakh yarovoy pshenitsy [Preparations and tank mixtures against leaf and stem infections in spring wheat crops] // Vestnik of the Buryat State Agricultural Academy im. V. R. Filippov. 2019. No. 3(56). Pp. 14–26. DOI: 10.34655/bgsha.2019.56.3.00. (In Russian.)
21. Grisechikina L. D., Dolzhenko V. I., Kungurtseva O. V., Ishkova T. I., Zdravetskaya S. D. Razvitie issledovaniy po formirovaniyu sovremennogo assortimenta fungitsidov [Development of research on the formation of a modern range of fungicides] // Agrochemistry. 2020. No. 9. Pp. 32–47. DOI: 10.31857/S0002188120090070. (In Russian.)
22. HGCA Wheat disease management guide-2012. Warwickshire Stoneleigh Park: HGCA Publications T 0845 245 0009, 2012. 31 p.
23. Spisok pestitsidov i agrokhimikatov razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2020 god [List of pesticides and agrochemicals permitted for use on the territory of the Russian Federation for 2020 god]. Moscow: OOO "Izdatel'stvo Listerra", 2020. 920 p. (In Russian.)
24. Spiridonov Yu. Ya., Budynkov N. I., Avtaev R. A., Strizhkov N. I., Suminova N. B., Kritskaya E. E. Razrabotka tekhnologii bor'by s vrednymi organizmami s pomoshch'yu Sekatora Turba, Lamadora, Fal'kona i drugikh preparatov v posevakh yarovoy pshenitsy [Development of technology for combating pests using Secateurs Turba, Lamador, Falcon and other preparations in spring wheat crops] // Agro-industrial complex of Russia. 2017. Vol. 24. No. 3. Pp. 636–642. (In Russian.)
25. Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaystve / Under the editorship of V. I. Dolzhenko [Guidelines for registration tests of fungicides in agriculture]. Saint Petersburg: Vserossiyskiy NII zashchity rasteniy (VIZR), Minsel'khoz Rossii, 2009. 378 p. (In Russian.)
26. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Al'yans, 2011. 350 p. (In Russian.)
27. Kekalo A. Yu., Nemchenko V. V., Zargaryan N. Yu., Filippov A. S. Fitosanitarnye problemy pshenichnogo polya i effektivnost' sredstv zashchity ot boleznay [Phytopathological problems of the wheat field and the effectiveness of means of protection against diseases] // Agrochemistry. 2020. No. 10. Pp. 45–50. (In Russian.)
28. Mal'tseva L. T., Filippova E. A., Bannikova N. Yu., Berdyugin V. A. Rol' iskhodnogo materiala v selektsii rzhavchinoustoychivykh sortov myagkoy yarovoy pshenitsy v usloviyakh Zaural'ya [The role of the source material in the selection of rust-resistant varieties of soft spring wheat in the conditions of the Trans-Urals] // Grain Economy of Russia. 2018. No. 5. Pp. 67–72. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-67-72. (In Russian.)
29. Tyunin V. A., Shreyder E. R., Bondarenko N. P. Rezul'taty selektsii pshenitsy v Chelyabinskoy NIISKh v 2015–2017 gg. [The results of wheat breeding at the Chelyabinsk Research Institute of Agriculture in 2015–2017] // Agro-industrial complex of Russia. 2018. Vol. 25. No. 1. Pp. 57–62. (In Russian.)

#### Authors' information:

Alena Yu. Kekalo<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0003-0802-1722, AuthorID 1291-6540; [alena.kekalo@mail.ru](mailto:alena.kekalo@mail.ru)

Natalya Yu. Zargaryan<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-7431-1907, AuthorID 618703, [nata.zarg@yandex.ru](mailto:nata.zarg@yandex.ru)

Vladimir V. Nemchenko<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher, ORCID 0000-0002-5324-6309, AuthorID 160275; +7 (35231) 5-76-22; [nem.cad@mail.ru](mailto:nem.cad@mail.ru)

<sup>1</sup> Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia